

32/446(395)2^{er}

KLASSE

Ontwikkeling van een kennissysteem voor landevaluatiestudies

C.M.A. Hendriks

M.J.D. Hack-ten Broeke

G.A. van Soesbergen

BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"

Droevendaalsesteeg 3a

6708 PB Wageningen

Rapport 395

Staring Centrum, Wageningen, 1999

20 APR 2000

win 970725

REFERAAT

Hendriks, C.M.A., M.J.D. Hack-ten Broeke, G.A. van Soesbergen, 1999. *KLASSE; Ontwikkeling van een kennisstelsel voor landevaluatiestudies*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 395. 63 blz.; 66 tab.; 26 ref.

Het kennisstelsel KLASSE is gebaseerd op het Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten (WIB-C) en het landevaluatieprogramma ALES. Expertkennis is in het kennisstelsel ingebouwd om een eenduidige en reproduceerbare methode voor evaluaties te creëren waarbij rekening kan worden gehouden met regio-specifieke verschillen. KLASSE is ontwikkeld voor toepassingen op kaarten van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, en kan worden ingezet bij specifieke vragen op het gebied van landbouw, landinrichting, milieu en natuur. KLASSE is toegepast op een deel van kaartblad 44 Oost van de Bodemkaart van Nederland, waarbij de bodemgeschiktheid voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw is bepaald.

Trefwoorden: bodemkaart, expertsysteem, geschiktheidsbeoordeling

ISSN 0927-4499

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 35,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten namen van Staring Centrum, Wageningen, onder vermelding van Rapport 395. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

©1999 Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317)474200; fax: (0317)424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Staring Centrum.

Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

ALTERRA is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie gaat in op 1 januari 2000.

Project 513

(Rapport 395/IS/09-99)

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond en probleemstelling	11
1.2 Doel	11
1.3 Werkwijze	11
1.4 Opzet van het rapport	12
2 Ontwikkeling van het systeem	13
2.1 Basisgegevens en methoden	13
2.1.1 Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000	13
2.1.2 Bodemkundig InformatieSysteem	13
2.1.3 Interpretatiemethode voor bodemkundige gegevens	15
2.1.4 Het geautomatiseerde landevaluatiesysteem ALES	16
2.2 Ontwerp kennissysteem voor landevaluatie	17
2.2.1 Ontwateringstoestand	18
2.2.2 Vochtleverend vermogen	19
2.2.2.1 Bewortelbare diepte	19
2.2.2.2 Grondwaterstand en kritieke stijghoogte	19
2.2.2.3 Vochtleverend vermogen	21
2.2.3 Stevigheid van de bovengrond	25
2.2.4 Verkruijmelbaarheid	26
2.2.5 Slempegevoeligheid en stuifgevoeligheid	27
2.2.6 Voedingstoestand en zuurgraad	28
3 Resultaten	31
3.1 KLASSE, een kennissysteem voor landevaluatiestudies	31
3.2 Toepassing op kaartvlakkeenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000	31
3.2.1 Akkerbouw en weidebouw	32
3.2.2 Bosbouw	37
4 Discussie	41
4.1 Status van KLASSE	41
4.2 Betrouwbaarheid	41
4.3 Vochtleverend vermogen	42
4.4 Overige beoordelingsfactoren	43
4.5 Klassegrenzen	43
5 Conclusies	45

Aanhangsels

Aanhangsel 1 Profielschetsen van de geselecteerde kaartenheden	49
Aanhangsel 2 Invoerbestanden voor KLASSE	61

Woord vooraf

In het kader van de DLO programma's 'Agro-ecologische zonering en landgebruik' (programma 229), 'Milieubeleidsbeoordelingen' (programma 207) en 'Ruimtelijke patronen van bodem en grondwater' (programma 228) bestaat behoefte aan een uniform en reproduceerbaar beoordelingssysteem voor de bepaling van geschiktheid, kwetsbaarheid of ontwikkelingsmogelijkheden van gronden bij verschillende vormen van landgebruik. De ervaring die nodig is om zo'n beoordelingssysteem te ontwikkelen is op het DLO-Staring Centrum ruim aanwezig maar wordt steeds schaarser door de pensionering en vertrek van deskundigen. Zo hebben in de beginfase en halverwege het project twee belangrijke deskundigen op het gebied van bodemgeschiktheidsbeoordelingen (Gerard van Soesbergen en Frans Wopereis) hun werkzaamheden voor dit project beëindigd wegens hun vervroegd uittreden. Om de ervaringskennis op het gebied van de landevaluatie enigszins te behouden, is deze in het project 'Kennissysteem voor landevaluatie' (project 513) vastgelegd in het kennissysteem KLASSE.

Het kennissysteem KLASSE (Kennissysteem voor LAndevaluatie Studies met Systematisch geïntegreerde Expert-kennis) is ontworpen rond het Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten, stadium c (WIB-c). KLASSE maar kan voor toekomstige vragen op gebied van landbouw, landinrichting, natuur en milieu eenvoudig worden uitgebreid en specifiek worden toegepast. Door te streven naar een koppeling van het kennissysteem met het Bodemkundig Informatiesysteem (BIS) van DLO-Staring Centrum wordt bereikt dat regiospecifieke informatie gebruikt kan worden in landelijke studies.

De ontwikkeling van KLASSE sluit nauw aan bij het project Bodemschematisatie (De Groot et al., 1998). Tussen beide projecten is veel informatie uitgewisseld en er is gebruik gemaakt van elkaars producten. Zo wordt een aantal voor het kennissysteem ontwikkelde beslisbomen gebruikt bij de bodemschematisatie en wordt bij bodemschematisatie een interface ontwikkeld tussen BIS en ALES waarvan KLASSE gebruik zal maken.

Het project is uitgevoerd in opdracht van de directie van het DLO-Staring Centrum. De projectleiding was in handen van Kees C.M.A. Hendriks. Hij voerde tevens de algemen redactie over het rapport, ontwikkelde het systeemconcept en implementeerde met name het technische deel voor de bosbouw. Mirjam J.D. Hack-ten Broeke werkte mee aan het systeemontwerp en de technische implementatie van met name de akker- en weidebouw. Gerard A. van Soesbergen bracht ervaringskennis in bij het ontwerpen van de beslissingscriteria voor de beoordelingsfactoren en droeg bij aan de validatie van de resultaten.

Behalve de auteurs hebben een groot aantal collega's meegewerkt aan het project door het kennissysteem te toetsen aan hun ervaring en kennis en het doen van voorstellen voor wijziging en verfijning van het WIB-C systeem. Dankzij hun deskundigheid is KLASSE verder verbeterd.

Samenvatting

Doel van het onderzoek was het ontwikkelen van een geautomatiseerd kennissysteem waarmee landevaluatiestudies voor akker-, weide- en bosbouw kunnen worden uitgevoerd en dat kan worden uitgebreid voor specifieke vragen op het gebied van landbouw, landinrichting, natuur en milieu.

De kern van het ontwikkelde kennissysteem 'KLASSE' (Kennissysteem voor Landevaluatie Studies met Systematisch geïntegreerde Expert-kennis) wordt gevormd door het Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten, stadium c (WIB-C) (Haans, 1979; Van Soesbergen et al., 1986) en door het landevaluatieprogramma ALES (Rossiter, 1990). De informatie die nodig is om evaluaties met KLASSE uit te voeren is afkomstig uit het Bodemkundig InformatieSysteem (BIS) van DLO-Staring Centrum.

De basis voor de expertkennis in KLASSE, wordt gevormd door het WIB-C. Deze kennis is aangevuld en aangepast op basis van praktijkervaring van deskundigen. De mening en opmerkingen van de deskundigen werd verkregen tijdens een speciaal daarvoor georganiseerde workshop en uit persoonlijke gesprekken en commentaren.

Van de Bodemkaart van Nederland schaal, 1 : 50 000, is kaartblad 44 Oost, Oosterhout (Harbers, 1990), gekozen om als studiegebied voor dit project te dienen. Dit kaartblad is geselecteerd vanwege het voorkomen in BIS, de grote verscheidenheid aan bodemtypen (zand, veen, rivierklei en zeeklei), het beschikbaar zijn van relatief veel gegevens, en de recente publicatiedatum.

Uit BIS zijn de profielschetsen van de voorkomende kaarteenheden van kaartblad 44 Oost geselecteerd. Op basis van dominantie in voorkomen en verscheidenheid in grondsoort zijn hieruit 46 kaarteenheden geselecteerd die hebben gediend voor het valideren van het kennissysteem. Op basis van de profielschetsen zijn handmatig de invoerfiles voor KLASSE vervaardigd. Voor bosbouw is met multiple regressie analyse een verband gezocht tussen bodemfysische kenmerken en de beoordelingsfactoren voedingstoestand en zuurgraad. Met afzonderlijke programmatuur zijn uit het bestand met bodemfysische invoergegevens deze factoren berekend en naar een afzonderlijke invoerfile weggeschreven.

De zogenaamde sleuteltabellen uit WIB-C zijn in ALES geprogrammeerd in de vorm van zogenaamde beslisbomen. Dit zijn hiërarchische beslisstructuren. Er zijn beslisbomen vervaardigd voor vrijwel alle beoordelingsfactoren en voor de fysieke geschiktheid. De beslisbomen voor de beoordelingsfactoren evalueren de landkenmerken zoals die waren opgenomen in het invoerbestand voor bodemkundige gegevens. De beslisboom voor de fysieke geschiktheid evalueert de resultaten van de beoordelingsfactoren en kent een gradatie voor de geschiktheid toe.

De resultaten van een vergelijking tussen de geschiktheidsevaluatie volgens KLASSE en de bodemgeschiktheidsbeoordeling volgens de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, kaartblad 44 Oost waren zodanig dat het kennissysteem geslaagd kan worden

genoemd. Verschillen die tussen beide resultaten bestaan komen grotendeels voort uit wijziging en verbetering van het evaluatieproces. Een deel van de verschillen wordt echter veroorzaakt doordat de benodigde beoordelingsfactoren niet volledig uit bodemfysische informatie kunnen worden afgeleid. Dit is onder andere het geval met de voedingstoestand voor bosbouw. Hiervoor moet aanvullende informatie worden verzameld om een betrouwbare schatting te kunnen maken. In een afzonderlijk project zullen pedotransfer-functies worden ontwikkeld om de voedingstoestand, en mogelijk ook de zuurgraad, te berekenen voor eenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

Het is wenselijk dat de ontwerpfase van KLASSE wordt vervolgd. In vervolgfases kan gewerkt worden aan een geautomatiseerde koppeling van KLASSE met BIS. Met speciale programmatuur moet de benodigde informatie snel uit BIS kunnen worden geselecteerd en invoer-klaar gemaakt voor KLASSE. Verder kan KLASSE worden ingezet bij een specifieke toepassing. Daarvoor moet het systeem wel worden aangepast aan de specifieke eisen van de toepassing. Een toepassingsmogelijkheid is het opzetten van een systeem waarmee de economische gebruikswaarde van gronden kan worden gekwantificeerd. Tenslotte is het vervaardigen van een gebruikershandleiding voor KLASSE aan te bevelen. Met deze handleiding moet het voor toekomstige gebruikers mogelijk zijn het kennissysteem zelfstandig te gebruiken, toe te passen en eventueel uit te breiden.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

Momenteel worden veel studies verricht naar de kwetsbaarheid van gronden voor bepaalde vormen van grondgebruik (bijvoorbeeld nitraat uitspoeling, fosfaatverzadiging) en kansen voor natuurontwikkeling en herstel. Bij dergelijke studies zijn vaak voor een deel dezelfde beoordelingsfactoren van belang als voor de vroegere evaluaties. Tot nu toe werden deze beoordelingsfactoren per onderzoek ad hoc bepaald (bijv. Hendriks et al., 1992; Hendriks, 1994; Van Lanen en Wopereis, 1992; Van Soesbergen en Van Lanen, 1992). Tussen onderzoeken kunnen daardoor verschillen voorkomen terwijl tevens veel dubbel werk werd verricht. Door het ad hoc karakter waren de onderzoeken niet altijd reproduceerbaar. Bovendien kost het handmatig toekennen van beoordelingsfactoren en het evalueren tot een fysieke geschiktheid veel tijd. Om dit efficiënter te organiseren is besloten één systeem te ontwerpen dat de 'traditionele' beoordelingsfactoren van WIB-C uniform berekent en dat tevens regio-specifiek kan worden toegepast en uitgebreid al naar gelang de vraagstelling. Daarom is gekozen om een kennissysteem te ontwikkelen met het landevaluatieprogramma ALES (Rossiter, 1990). Dit programma bezit de voor dit project gewenste flexibiliteit. Domburg (1994) stelt aan expert-systemen de voorwaarden dat ze ervaringskennis moeten bevatten, gebruik maken van symbolische redeneringen waarbij symbolen de kennis weergeven, diepte bezitten in de opbouw van de redeneringsprocessen, 'self-knowledge' bezitten over het afwegingsproces in het systeem zelf, en dat een optie aanwezig moet zijn die aangeeft hoe een resultaat tot stand is gekomen. Het door ons gekozen expert-systeem ALES voldoet aan die voorwaarden.

1.2 Doel

Doel van het onderzoek was het ontwikkelen van een geautomatiseerd kennissysteem waarmee landevaluatiestudies voor akker-, weide- en bosbouw kunnen worden uitgevoerd en dat kan worden uitgebreid voor specifieke vragen op het gebied van landbouw, landinrichting, natuur en milieu.

1.3 Werkwijze

De kerncomponent van het kennissysteem is het in de jaren zeventig ontwikkelde beoordelingssysteem voor gronden Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten, stadium c (WIB-C) (Haans, 1979; Van Soesbergen et al., 1986). WIB-C is ontwikkeld om voornamelijk de produktiemogelijkheden van gronden voor de land- en bosbouw te evalueren en sluit aan op de bodemkundige informatie die landelijk is verzameld in het kader van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. De kennis uit het WIB-C is aangevuld met ervaringskennis. De mening en opmerkingen van de experts werd verkregen tijdens een speciaal daarvoor georganiseerde workshop en uit persoonlijke gesprekken en commentaren. De ervaringskennis is op een consequent en systematische wijze in het kennissysteem geïntegreerd, vandaar het acroniem 'KLASSE' dat staat voor:

'Kennissysteem voor Landevaluatie Studies met Systematisch geïntegreerde Ervaringskennis'.

De bodemkundige gegevens die in KLASSE worden gebruikt zijn afkomstig uit het Bodemkundig InformatieSysteem (BIS) van DLO-Staring Centrum (Bregt en Van der Pouw, 1991). In de huidige ontwerpfase is de informatie uit BIS nog handmatig tot datafiles voor ALES verwerkt. In een vervolgfase van dit project zou dit moeten worden geautomatiseerd. Gebruik van BIS kent de voordelen dat veel gegevens reeds digitaal aanwezig zijn en rekening kan worden gehouden met regionale verschillen. Nadeel is dat de informatie (nog) niet landsdekkend aanwezig is.

Na het ontwerp van KLASSE en implementatie in ALES is KLASSE toegepast om de werking te testen en de resultaten op hun betrouwbaarheid te toetsen. Hiervoor zijn 46 eenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 met KLASSE beoordeeld op hun geschiktheid voor akker-, weide en bosbouw. De resultaten zijn vergeleken met de beoordelingen zoals die zijn gegeven in de toelichting van kaartblad 44 Oost (Harbers, 1990) en met de mening van een achttal deskundigen.

Het project is uitgevoerd in 1995 en 1996. De rapportage is grotendeels in 1997 tot stand gekomen. De eindredactie vond plaats in 1998.

1.4 Opzet van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt de werkwijze besproken. Eerst worden de gebruikte basisgegevens en methoden toegelicht waarna het ontwerp van het kennissysteem uiteen wordt gezet. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten beschreven. Het belangrijkste resultaat is het kennissysteem KLASSE zelf. Verder wordt een toepassing op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, besproken. Tenslotte volgt in hoofdstuk 4 de discussie en in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies.

2 Ontwikkeling van het systeem

2.1 Basisgegevens en methoden

In deze paragraaf worden de voor KLASSE benodigde basisgegevens en methoden toegelicht. De lezers die reeds bekend zijn met de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, BIS, WIB-C en ALES kunnen deze paragraaf overslaan.

2.1.1 Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, bestaande uit 62 kaartbladen, is vrijwel geheel voltooid. Hiervan is kaartblad 44 Oost, Oosterhout (Harbers, 1990), gekozen om als test of studiegebied voor dit project te dienen. Dit kaartblad is geselecteerd vanwege het voorkomen in het Bodemkundig Informatiesysteem (BIS), de grote verscheidenheid aan bodemtypen (zand, veen, rivierklei en zeeklei), het beschikbaar zijn van profielschetsen in BIS, en de recente publicatiedatum.

Kaartblad 44 Oost is beschikbaar als kaart in gedrukte vorm met een toelichting, en als digitaal bestand dat als basis kan dienen voor bewerking met geografische informatiesystemen (GIS). De bodemkaart geeft informatie over de verbreiding van bodemtypen, ingedeeld in legenda-eenheden, en diepte van het freatisch grondwater, ingedeeld in grondwatertrappen. De toelichting bevat uitgebreide informatie over onder andere de profielopbouw en samenstelling van de voorkomende legenda-eenheden.

2.1.2 Bodemkundig InformatieSysteem

Het Bodemkundig InformatieSysteem (BIS) bevat digitaal opgeslagen gegevens over grenzen van bodem- en kaarteenheden, boorstaten, profielschetsen en profielbeschrijvingen, inclusief granulaire, fysische en chemische gegevens (Bregt en Van der Pouw, 1991; Bregt et al., 1995).

Van kaartblad 44 Oost zijn uit BIS gegevens opgevraagd over voorkomende kaarteenheden met hun oppervlakten. Er komen op dit kaartblad 74 enkelvoudige en 17 samengestelde kaarteenheden voor. Daarnaast zijn er onderscheidingen voor bebouwing, water, moeras. Uit de reeks van 74 enkelvoudige legenda-eenheden zijn in eerste instantie 26 eenheden geselecteerd, later zijn daar nog eens 20 eenheden aan toegevoegd (tabel 1). De selectiecriteria waren diversiteit in grondsoort (zand, veen en klei) en grondwater (nat en droog), en areaal op het kaartblad. Vervolgens zijn uit BIS de bijbehorende profielschetsen geselecteerd (aanhangsel 1). Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar de toelichting op de bodemkaart (Harbers, 1990).

Tabel 1 Geselecteerde kaartenheden van kaartblad 44 Oost met oppervlakte

Volg- nummer	Kaartenheid Code	Naam	Oppervlakte (ha)
1	cHn21-III*	Laarpodzolgrond	100
2	cHn21g-VI	Laarpodzolgrond	641
3	eMn15A-VI	Poldervaaggrond	276
4	eMn25A-IV	Poldervaaggrond	286
5	eMn35Av-IV	Poldervaaggrond	1269
6	eMn86A-VI	Poldervaaggrond	84
7	eMv81Ap-III*	Drechtvaaggrond	77
8	eRn66A-IV	Poldervaaggrond	223
9	Hd21-VII	Haarpodzolgrond	68
10	Hn21-V*	Veldpodzolgrond	319
11	kVz-II	Waardveengrond	93
12	pZg23g-III	Beekeerdgrond	291
13	pZn21-VI	Gooreerdgrond	48
14	pZn23t-V	Gooreerdgrond	193
15	Rd10A-VII	Ooivaaggrond	42
16	Rd90C-VII	Ooivaaggrond	425
17	Rn44C-III*	Poldervaaggrond	723
18	Rn52A-VI	Poldervaaggrond	210
19	Rn67C-VI	Poldervaaggrond	1488
20	Rn94C-VI	Poldervaaggrond	221
21	Rn95A-IV	Poldervaaggrond	143
22	Rv01C-III	Drechtvaaggrond	63
23	Zd21-VII*	Duinvaaggrond	1213
24	zEZ21-VII	Zwarte enkeerdgrond	992
25	zEZ23t-V*	Zwarte enkeerdgrond	259
26	Zn21-VI	Vlakvaaggrond	152
27	eRn47C-III	Poldervaaggrond	11
28	eRn95A-VI	Poldervaaggrond	150
29	Hn21-VI	Veldpodzolgrond	1151
30	Hn23-V*	Veldpodzolgrond	30
31	kWzg-IV	Broekeerdgrond	316
32	pZn21G-III*	Gooreerdgrond	161
33	Rn44C-II	Poldervaaggrond	22
34	Rn66A-VI	Poldervaaggrond	315
35	Rn95C-VII	Poldervaaggrond	209
36	Vk-I	Vlierveengrond	27
37	Zb20A-VII	Vorstvaaggrond	6
38	ZEZ21-IV	Zwarte enkeerdgrond	468
39	Zn23t-V	Vlakvaaggrond	22
40	Hn30-IV	Veldpodzolgrond	163
41	kWp-III	Moerpodzolgrond	83
42	Rn47C-IV	Poldervaaggrond	398
43	Hd21gF-VII*	Haarpodzolgrond	100
44	Rn44C-V*	Poldervaaggrond	70
45	eMn35A-VI	Poldervaaggrond	1071
46	eMv61C-IV	Drechtvaaggrond	284

2.1.3 Interpretatiemethode voor bodemkundige gegevens

Bij de ontwikkeling van het kennissysteem voor landevaluatie hebben we zoveel mogelijk gebruik gemaakt van WIB-C zoals beschreven door Van Soesbergen et al. (1986). In een aantal gevallen was het echter wenselijk of noodzakelijk veranderingen aan te brengen. Dit is beschreven in paragraaf 2.2. Onderstaande tekst is grotendeels ontleend aan Van Soesbergen et al. (1986).

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, geeft een ruimtelijk beeld van de opbouw en eigenschappen van de grond en het niveau en de fluctuatie van het grondwater. Om aan te kunnen geven wat de mogelijkheden, beperkingen of kwetsbaarheden van bepaalde vormen van landgebruik zijn, is interpretatie van bodemkundige gegevens noodzakelijk. Door STIBOKA werd omstreeks 1979 een nieuw systeem voor de interpretatie van bodemkaarten ingevoerd, het 'Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten, stadium C' (WIB-C) (Haans, 1979). Op grond van ervaringen die met de toepassingen van dit systeem zijn opgedaan, is het in de loop van de tijd enigszins gewijzigd (Van Soesbergen et al., 1986). Het systeem geeft interpretaties voor onder andere de geschiktheid voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw.

Aan de bodemkaart met de daarop onderscheiden kaarteenheden worden gegevens ontleend over bijvoorbeeld het organischestofgehalte, het lutumgehalte en de doorlatendheid. Vervolgens worden uit deze bodemkenmerken de zogenaamde beoordelingsfactoren afgeleid. Een beoordelingsfactor is een met de grond samenhangende factor, waarmee een voor het landgebruik belangrijk proces, een gedragsaspect van de grond of een groeiplaatsomstandigheid wordt gekarakteriseerd en het niveau ervan wordt beschreven. De belangrijkste beoordelingsfactoren zijn ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen, stevigheid van de bovengrond, verkruimelbaarheid, slempgevoeligheid, stuifgevoeligheid, voedingstoestand en zuurgraad. Voor elk bodemgebruik zijn echter maar een beperkt aantal (3-6) beoordelingsfactoren van belang voor de geschiktheid (tabel 2).

Tabel 2 Beoordelingsfactoren nodig voor het vaststellen van de geschiktheid voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw volgens WIB-C

Beoordelingsfactor	Akkerbouw	Weidebouw	Bosbouw
Ontwateringstoestand (OT)	*	*	*
Vochtleverend vermogen (VL)	*	*	*
Stevigheid bovengrond (SB)	*	*	-
Verkruimelbaarheid (VK)	*	-	-
Slempgevoeligheid (SL)	*	-	-
Stuifgevoeligheid (ST)	*	-	-
Voedingstoestand (VT)	-	-	*
Zuurgraad (ZG)	-	-	*

Van Soesbergen et al. (1986) stelde een lijst op van de bodemkenmerken die van belang zijn bij het vaststellen van de beoordelingsfactoren (tabel 3). De kwaliteit van de bodem ten aanzien van een bepaalde beoordelingsfactor wordt cijfermatig aangeduid. Dit cijfer wordt gradatie genoemd. De beoordelingsfactoren hebben een drie- of vijfdelige schaal voor de gradatie. De combinatie van gradaties die aan de beoordelingsfactoren worden toegekend, geeft de geschiktheid van de grond aan. Geschiktheid is de mate waarin de grond voldoet aan de eisen die men er voor een bepaald landgebruik aan stelt.

Tabel 3 Bodemkenmerken nodig voor het vaststellen van de beoordelingsfactoren

Bodemkenmerk	Beoordelingsfactor ^{*)}							
	OT	VL	SB	VK	SL	ST	VT	ZG
GHG	*	*	*	*	*	*	-	-
GLG	-	*	-	-	-	-	-	-
GVG	*	*	*	-	-	-	-	-
Indringingsweerstand	-	-	*	-	-	-	-	-
Profielverloop	-	*	-	-	-	-	-	-
Textuur	*	*	*	*	*	*	-	-
M50	-	-	-	-	*	*	-	-
Organischestofgehalte	*	*	*	*	*	*	-	-
Koolzurekalkgehalte	-	-	-	*	*	-	-	-
pH	-	-	-	-	-	-	-	*
Actueel bodemgebruik	-	-	-	-	-	-	*	-
Vegetatietype	-	-	-	-	-	-	*	-
Bewortelbare diepte	-	*	-	-	-	-	-	-

*) Zie tabel 2

Voor de vaststelling van de geschiktheid met de beoordelingsfactoren zijn door Van Soesbergen et al. (1986) richtlijnen opgesteld die in zogenaamde sleutels zijn samengevat. Sleutels zijn tabellen waarin voor elke combinatie van gradaties van beoordelingsfactoren een geschiktheidsklasse wordt aangegeven.

Voor elke vorm van landgebruik is een eigen bodemgeschiktheidsklassificatie opgesteld. Deze bestaat uit drie hoofdklassen, die elk in twee tot vier onderklassen zijn verdeeld. De hoofdklassen 1, 2 en 3 geven een afnemende geschiktheid aan.

2.1.4 Het geautomatiseerde landevaluatiesysteem ALES

Het geautomatiseerde landevaluatiesysteem ALES (*Automated Land Evaluation System*) (Rossiter, 1990) is een raamwerk waarmee deskundigen een eigen expertsysteem voor landevaluatie kunnen opbouwen. Met ALES kunnen fysische en economische evaluaties geautomatiseerd worden uitgevoerd, in overeenstemming met het FAO-kader voor landevaluatie (FAO, 1976). Zoals gezegd is ALES slechts een raamwerk en het bevat dus geen kennis of resultaten.

Bij het vaststellen van de fysische geschiktheid met ALES kunnen vijf stappen worden onderscheiden (Van Lanen, 1991):

- 1 Het definiëren van landgebruiksvormen met een duidelijke omschrijving van de bedrijfsvoering. In ons geval betreft het akkerbouw, weidebouw en bosbouw. Zie voor de omschrijving van de randvoorwaarden Van Soesbergen et al. (1986).
- 2 Het benoemen van de beoordelingsfactoren voor iedere vorm van landgebruik. Ook hierbij is aangesloten bij de beoordelingsfactoren (tabel 2) genoemd door Van Soesbergen et al. (1986).
- 3 Selecteren van landkenmerken waarmee de toestand van het land kan worden gekarakteriseerd (tabel 3). In ons geval afgeleid uit profielschetsen.
- 4 Definiëren van de toestand oftewel de hoedanigheid van het land. De gradaties van landhoedanigheden worden vastgesteld met zogenaamde beslisbomen op basis van de landkenmerken. Beslisbomen zijn hiërarchisch opgebouwde structuren van

- meerdere beslissingen. De gradaties geven weer in hoeverre de eigenschappen van een evaluatie-eenheid overeenkomen met de voor het gewas optimale eigenschappen.
- 5 Het met een beslisboom vaststellen van de fysische geschiktheid voor één of meerdere vormen van landgebruik van iedere kaarteenheid.

Het raamwerk van ALES wordt dus uitgebouwd tot een operationeel landevaluatiesysteem door er de eerder genoemde sleutels van WIB-C in te verwerken. Bij de evaluaties worden de kaarteenheden van de bodemkaart gebruikt als landevaluatie-eenheden.

Om de evaluaties uit te kunnen voeren moeten er databestanden worden gemaakt. ALES heeft twee soorten invoer bestanden nodig, definitie- en databestanden. In het definitiebestand staan een volgnummer, een code voor de kaarteenheid, de homogeniteit van de landevaluatie-eenheid en de oppervlakte aangegeven (aanhangel 2). In het databestand, of -bestanden, worden de landkenmerken gegeven die nodig zijn voor het vaststellen van de gradatie van de beoordelingsfactoren (aanhangel 2). In deze studie is gebruik gemaakt van ALES versie 4.5, waarin met een formuleoptie nieuwe landkenmerken kunnen worden berekend uit landkenmerken die in het data-bestand voorkomen. Zo wordt bijvoorbeeld de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) berekend uit de gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste zomergrondwaterstand (GLG).

2.2 Ontwerp kennissysteem voor landevaluatie

Het ontwerp van KLASSE is in eerste instantie beperkt tot de geschiktheidsbeoordeling voor de landgebruiksvormen akkerbouw, weidebouw en bosbouw. Het kan echter, al naar gelang de vraag, worden uitgebreid voor andere vormen van landgebruik en studies naar kwetsbaarheden en kansrijkdom. Het kennissysteem dat in deze studie is ontworpen, vormt de kern voor toekomstige landevaluatiestudies waarbij klassificatie van de geschiktheid en schatten van de beoordelingsfactoren worden uitgevoerd. Het systeem dient eventueel door de toekomstige gebruikers te worden toegespitst op hun specifieke vraagstelling, bijvoorbeeld door het uitbreiden, verwijderen of toevoegen van beslisbomen.

WIB-C is in ALES geïmplementeerd door uit te gaan van de afzonderlijke beoordelingsfactoren. De reden hiervoor is dat niet alle beoordelingsfactoren gebruikt worden bij het vaststellen van de geschiktheid voor de verschillende vormen van landgebruik (tabel 2). In ALES zijn akkerbouw, weidebouw en bosbouw als afzonderlijke landgebruikstypen gedefinieerd. Evaluaties moeten voor deze typen afzonderlijk worden uitgevoerd en kunnen voor eenzelfde kaarteenheid uiteraard drie verschillende resultaten opleveren.

2.2.1 Ontwateringstoestand

Akkerbouw en weidebouw

In WIB-C is de ontwateringstoestand gekoppeld aan de GHG en verdeeld in vijf gradaties variërend van 1 (zeer diep) tot 5 (zeer ondiep). Op basis van expertkennis was het mogelijk om voor akkerbouw en weidebouw de indeling volgens Van Soesbergen et al. (1986) te verfijnen op basis van de grondsoort. Hierbij is er vanuit gegaan dat voor landbouwkundig gebruik de ontwateringstoestand met name een rol speelt voor de berijdbaarheid en bewerkbaarheid. De verandering houdt in dat bij een vrij ondiepe ontwateringstoestand zavel-, klei-, zand- en leemgronden een hogere GHG (tot 5 cm beneden maaiveld) kunnen hebben dan in WIB-C. Voor veengronden blijft de indeling onveranderd. Voor akker- en weidebouw is de indeling in gradaties geprogrammeerd als beslisboom in KLASSE (tabel 4).

Tabel 4 Ontwateringstoestand voor akker- en weidebouw als afhankelijke van de GHG en grondsoort

Gradatie code	Benaming	GHG (cm - mv.)	Grondsoort
1	zeer diep	≥ 80	n.r.
2	vrij diep	40-80	n.r.
3	matig diep	25-40	n.r.
4	vrij ondiep	5-25 15-25	zavel, klei, zand, leem veen, moerig
5	zeer ondiep	< 5 < 15	zavel, klei, zand, leem veen, moerig

n.r.: niet relevant

Bosbouw

Voor bosbouw is de indeling in ontwateringstoestand gewijzigd door de GVG te gebruiken als selectie criterium voor een vrij ondiepe en zeer ondiepe ontwateringstoestand (tabel 5). De GVG geeft informatie over de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen. Dit is voor de nattere gronden belangrijker dan de GHG. Boomsoorten zoals populier, wilg en zwarte els verdragen hoge wintergrondwaterstanden of zelfs inundatie. Aan het begin van het groeiseizoen moet de grondwaterstand, voor een voldoende luchtvoorziening van de wortels, echter tot ca. 20 cm beneden maaiveld zijn gedaald.

Tabel 5 Ontwateringstoestand voor bosbouw als afhankelijke van de GHG en GVG

Gradatie code	Benaming	GHG (cm - mv.)	GVG (cm - mv.)
1	zeer diep	≥ 80	n.r.
2	vrij diep	40-80	n.r.
3	matig diep	25-40	n.r.
4	vrij ondiep	< 25	≥ 20
5	zeer ondiep	< 25	< 20

n.r.: niet relevant

2.2.2 Vochtleverend vermogen

De bepaling van de gradatie van het vochtleverend vermogen van de grond is de meest complexe bepaling van alle beoordelingsfactoren in WIB-C. Voor het vaststellen ervan moeten de bewortelbare diepte, GVG, GLG, kritieke stijghoogte en vochthoudend vermogen van de verschillende bodemlagen bekend zijn. Deze bodemkenmerken zijn opgenomen in het gegevensbestand dat als invoer voor KLASSE dient of uit die gegevens kunnen worden berekend (aanhangsel 2). Hierna wordt besproken hoe de bodemkenmerken in KLASSE zijn gebruikt om het vochtleverend vermogen vast te stellen.

2.2.2.1 Bewortelbare diepte

De bewortelbare diepte is de diepte tot waar de wortels kunnen groeien zonder bodemfysische belemmeringen zoals een te hoge indringingsweerstand, een te gering luchtgehalte of een te lage zuurgraad (Houben, 1979). Deze diepte is afhankelijk van het gewas. Boomwortels wortelen over het algemeen dieper dan wortels van landbouwgewassen die onderling ook weer sterk kunnen verschillen (Schuurman, 1970). Zo wortelt graan over het algemeen dieper dan permanent grasland. Om hiermee rekening te houden is in KLASSE voor iedere vorm van landgebruik afzonderlijk de bewortelbare diepte bepaald, uitgaande van de bewortelbare diepte zoals die voor de kaarteenheden in BIS is opgeslagen (aanhangsel 1).

Voor weidebouw is voor alle gronden in principe een vaste bewortelbare diepte van 40 cm aangehouden. Alleen in gevallen dat de bewortelbare diepte in BIS kleiner is dan 40 cm, is de diepte uit BIS aangehouden. Voor akkerbouw is voor alle kaarteenheden de bewortelbare diepte uit BIS aangehouden. Voor bosbouw is de bewortelbare diepte uit BIS vergroot met een vast aantal centimeters, afhankelijk van de bewortelbare diepte volgens BIS (tabel 6).

Tabel 6 Bewortelbare diepte voor bosbouw volgens KLASSE als afhankelijke van de bewortelbare diepte in BIS en de GLG

Bewortelbare diepte BIS (cm)	Bewortelbare diepte in KLASSE (cm)
< 50	Bewortelbare diepte BIS + 10; echter nooit dieper dan 10 cm boven GLG
50-100	Bewortelbare diepte BIS + 30; echter nooit dieper dan 20 cm boven GLG
≥ 100	Bewortelbare diepte BIS + 20; echter nooit dieper dan 20 cm boven GLG

2.2.2.2 Grondwaterstand en kritieke stijghoogte

Afhankelijk van de fluctuatie van het grondwater en het vermogen van een grond om gedurende het groeiseizoen vocht, afkomstig uit het grondwater, te leveren aan de voorkomende vegetatie, wordt gesproken over een grondwater-, tijdelijk grondwater- of hangwaterprofiel.

Hangwaterprofiel

Van een hangwaterprofiel is sprake als gedurende het gehele groeiseizoen het grondwater dermate diep voorkomt, dat vanuit het grondwater geen vochtleverantie plaatsvindt aan de vegetatie. Het vochtleverend vermogen wordt bepaald door de beschikbare hoeveelheid vocht in de wortelzone. In KLASSE is sprake van een hangwaterprofiel als de kritieke stijghoogte (z-afstand; Z_k) onvoldoende is om de afstand tussen de bewortelbare zone en de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) te overbruggen. De GVG wordt berekend volgens (Van der Sluijs en Van Heesen, 1989):

$$GVG = 5,4 + 1,02 \cdot GHG + 0,19 \cdot (GLG - GHG)$$

Voor een hangwaterprofiel geldt dan:

$$\text{Worteldiepte} + Z_k < GVG$$

De maximale afstand waarover een capillaire opstijging van 2 mm per dag mogelijk is, wordt kritieke stijghoogte of z-afstand genoemd. Een stijgsnelheid van 2 mm per dag wordt voldoende geacht om het gewas in het groeiseizoen van voldoende vocht te voorzien (Van Soesbergen et al., 1986; Van der Sluijs, 1990). De kritieke stijghoogte is vooral afhankelijk van de textuur en de gelaagdheid van de grond (Van der Sluijs, 1990). Voor KLASSE is de maximale stijghoogte berekend met het programma VERPF10 dat speciaal voor dit doel is ontwikkeld door DLO-Staring Centrum. De stijghoogte wordt berekend met de zogenaamde K-h-relatie, de relatie tussen de doorlatendheid en de stijghoogte van een grond. Deze relaties vertonen voor de verschillende gronden een karakteristiek verloop (Wösten et al., 1994). Bij het berekenen van de maximale stijghoogte met VERPF10 is gebruik gemaakt van de bouwstenen van de Staringreeks (Wösten et al., 1987) waarin de K-h-relatie en pF-curve voor de meest voorkomende boven- en ondergronden is beschreven.

Grondwaterprofiel

Bij een grondwaterprofiel vindt gedurende het gehele groeiseizoen vochtleverantie vanuit het grondwater plaats. In KLASSE is sprake van een grondwaterprofiel als de $LG3_{10}$ kleiner is dan de som van de bewortelbare diepte en de Z_k . De $LG3_{10}$ is de gemiddeld laagste grondwaterstand in een 10% droog jaar, en is in KLASSE op 20 cm beneden de GLG gesteld. Voor een grondwaterprofiel geldt dus:

$$\text{Worteldiepte} + Z_k \geq LG3_{10}$$

Tijdelijk grondwaterprofiel

Hierbij is slechts gedurende een deel van het groeiseizoen vochtleverantie vanuit het grondwater mogelijk. In de loop van het groeiseizoen zakt de grondwaterstand dermate diep weg dat vochtleverantie via capillaire opstijging wordt verbroken. In KLASSE is sprake van een tijdelijk grondwaterprofiel als niet aan de voorwaarde voor een hangwater- of grondwaterprofiel wordt voldaan.

2.2.2.3 Vochtleverend vermogen

In KLASSE is voor hangwaterprofielen het vochtleverend vermogen overeenkomstig WIB-C ingedeeld. Voor tijdelijk grondwaterprofielen in zavel- en kleigronden is de WIB-C indeling enigszins aangepast (tabel 7). De aanpassing betreft een opwaardering van de gradatie voor het vochtleverend vermogen als gedurende een deel van het groeiseizoen uit het grondwater kan worden geput en de vochtinhoud van de bewortelbare zone dicht aan een hogere gradatie grenst.

Tabel 7 Gradaties in vochtleverend vermogen volgens klasse als afhankelijke van grondwaterprofiel, vochtinhoud wortelzone en breekdag

Gradatie		Hangwaterprofiel	Tijdelijk grondwaterprofiel zavel- en kleigronden	
Code	Naam	Vochtinhoud wortelzone (mm)	Vochtinhoud wortelzone (mm)	Breekdag (dag)
1	zeer groot	≥ 200	≥ 200	n.r.
			≥ 190	≥ 60
			180-189	≥ 105
2	vrij groot	150-199	190-199	< 60
			180-189	< 105
			150-179	-
			140-149	≥ 60
			130-139	≥ 105
3	matig	100-149	140-149	< 60
			90-139	< 105
			< 90	60-105
4	vrij gering	50-99	< 90	< 60
5	zeer gering	< 50	n.v.t.	n.v.t.

Vanwege de enorme omvang is het nagenoeg onmogelijk de beslisboom voor het vochtleverend vermogen in dit rapport op te nemen. Ter vervanging daarvan wordt de vaststelling van de gradatie in het vochtleverend vermogen met KLASSE hier uitvoerig besproken. Geïnteresseerden kunnen meer informatie over de beslisboom krijgen bij de auteurs van dit rapport.

Hangwaterprofielen

Het vochtleverend vermogen van gronden met een hangwaterprofiel wordt in KLASSE berekend op basis van de dikte van de wortelzone en de textuur en het organischestofgehalte van de bodemhorizonten. Van Soesbergen et al. (1986) geeft voor de horizonten van verschillende gronden de volumefracties beschikbaar vocht. Deze getallen zijn in KLASSE gebruikt in de beslisboom voor de vaststelling van de gradatie van het vochtleverend vermogen. In tabel 8.1 t/m 8.4 staat aangegeven welke bodemkenmerken in de beslisboom worden gebruikt en in welke volgorde. Tevens is de toegekende volumefractie vocht vermeld.

De volumefracties vocht (tabel 8.1 t/m 8.4) zijn gebruikt om het vochthoudend vermogen van de wortelzone te berekenen. Hierbij is de wortelzone in twee delen gesplitst: de bovenste wortelzone (0-40 cm - mv.) en de onderste wortelzone (40 cm tot bewortelbare diepte). In gevallen dat de bewortelbare diepte kleiner is dan 40 cm, is die kleinere diepte aangehouden. De beschikbare hoeveelheid vocht in de bovenste wortelzone wordt

berekend door de dikte van de bovenste wortelzone in dm (meestal dus 4) te vermenigvuldigen met de juiste volumefractie vocht. Voor de onderste wortelzone wordt het beschikbare vocht op dezelfde wijze berekend maar nu met de dikte van de laag van 40 cm - mv. tot aan de bewortelbare diepte en de daarbij behorende volumefractie vocht. De totale hoeveelheid beschikbaar vocht is de som van de hoeveelheid bodemvocht berekend voor de bovenste en onderste wortelzone.

Tabel 8.1a Volumefractie vocht van de bovenste wortelzone (0-0,4 m) van zavel- en kleigronden

Lutum %	Volumefractie vocht
0 -7	n.v.t.
8 -17,4	0,22
17,5 -24	0,19
25 -34	0,18
35 -49	0,16
50 -100	0,15

Tabel 8.1b Volumefractie vocht van de onderste wortelzone (> 0,4 m) van zavel- en kleigronden

Org.stof%	Lutum%	Volumefractie vocht
< 15	0 -7	0,18
	8 -17,4	0,22
	17,5 -24	0,19
	25 -34	0,18
	35 -49	0,16
	50 -100	0,15
≥ 15	n.r.	0,25

n.r.: niet relevant

Tabel 8.2a Volumefractie vocht van de bovenste wortelzone (0-0,4 m) van zandgronden

GHG (m - mv.)	Leem%	Org.stof%	Volumefractie vocht
< 0,40	< 32,5	< 1,5	0,14
		1,5 -2	0,16
		2,1 -3	0,18
		3,1 -5	0,20
		5,1 -8	0,22
		8,1 -15	0,25
		> 15	0,30
	≥ 32,5	< 1,5	0,16
		1,5 -2	0,18
		2,1 -3	0,20
		3,1 -5	0,22
		5,1 -8	0,24
		8,1 -15	0,27
		> 15	0,30
≥ 0,40 als volumefractie vocht bij ghg < 0,40 m - 0,02			

Tabel 8.2b Volumefractie vocht van de onderste wortelzone (> 0,4 m) van zandgronden

GHG (m - mv.)	Leem%	Org.stof% bovenste wortelzone	Org.stof% onderste wortelzone	Volumefractie vocht
< 0,40	< 32,5	< 1,5	< 0,75	0,08
			0,75 -1,5	0,10
			1,6 -3,0	0,12
			3,1 -5,0	0,14
			5,1 -8,0	0,16
			8,1 -15,0	0,18
			> 15	0,25
		≥ 1,5	< 0,75	0,10
			0,75 -1,5	0,12
			1,6 -3,0	0,14
			3,1 -5,0	0,16
			5,1 -8,0	0,18
			8,1 -15,0	0,20
			> 15	0,25
	≥ 32,5	< 1,5	< 0,75	0,13
			0,75 -1,5	0,15
			1,6 -3,0	0,17
			3,1 -5,0	0,19
			5,1 -8,0	0,21
			8,1 -15,0	0,23
			> 15	0,30
		≥ 1,5	< 0,75	0,15
			0,75 -1,5	0,17
			1,6 -3,0	0,19
			3,1 -5,0	0,21
			5,1 -8,0	0,23
			8,1 -15,0	0,25
			> 15	0,30
≥ 0,40	als volumefractie vocht bij ghg < 0,40 m - 0,02			

Tabel 8.3a Volumefractie vocht van de bovenste wortelzone (0-0,4 m) van löss- en leemgronden

Volumefractie vocht
0,25

Tabel 8.3b Volumefractie vocht van de onderste wortelzone (> 0,4 m) van löss- en leemgronden

Lutum% onderste wortelzone	Volumefractie vocht
< 50	0,15
> 50	0,25

Tabel 8.4a Volumefractie vocht van de bovenste wortelzone (0-0,4 m) van veengronden en moerige gronden

Org.stof% bovenste wortelzone	Volumefractie vocht
< 15	0,20
≥ 15	0,30

Tabel 8.4b Volumefractie vocht van de onderste wortelzone (> 0,4 m) van veengronden en moerige gronden

Lutum% onderste wortelzone	Org.stof% onderste wortelzone	Volumefractie vocht
< 8	< 2,5	0,10
	2,5-8	0,15
	> 8	0,20
8-25		0,18
> 25		0,12

Ter verduidelijking is de berekening van de kaarteenheden zEZ21-VII (tabel 1 nummer 24) hier per stap uitgewerkt. Uit de profielschets (aangangsel 1 tabel A1.24) zijn de parameters te berekenen die nodig zijn voor het berekenen van het vochtleverend vermogen. De uitkomsten van die berekening staan in aangangsel 2 (tabel A2.2). In tabel A2.2 zijn de volgende parameters af te lezen: GHG 120 cm - mv.; leemgehalte van de bovenste wortelzone 14% en van de onderste wortelzone 14%; organische-stofgehalte van de bovenste wortelzone 3,8% en van de onderste wortelzone 2,5%. Als we in tabel 8.2a en tabel 8.2b voor deze eenheid de volumefracties vocht voor respectievelijk de bovenste en onderste wortelzone opzoeken, vinden we respectievelijk 0,18 (0,20-0,02) en 0,12 (0,14-0,02). De bewortelbare diepte voor weidebouw, akkerbouw en bosbouw is respectievelijk 40, 100 en 120 cm (tabel A2.2). Voor weidebouw is de beschikbare hoeveelheid vocht dus $4 \text{ dm} * 0,18 \text{ mm dm}^{-1} = 72 \text{ mm}$, voor akkerbouw $4 \text{ dm} * 18 \text{ mm dm}^{-1} + 6 \text{ dm} * 12 \text{ mm dm}^{-1} = 144 \text{ mm}$ en voor bosbouw $4 \text{ dm} * 18 \text{ mm dm}^{-1} + 8 \text{ dm} * 12 \text{ mm dm}^{-1} = 178 \text{ mm}$. KLASSE brengt de beschikbare hoeveelheid vocht in klassen onder (tabel 7). De gradaties in vochtleverend vermogen worden derhalve 4 voor weidebouw, 3 voor akkerbouw en 2 voor bosbouw.

Grondwaterprofielen

Bij grondwaterprofielen is het vochtleverend vermogen vrijwel onbeperkt. Derhalve wordt in KLASSE aan kaarteenheden met een grondwaterprofiel een vochtleverend vermogen van meer dan 200 mm toegekend (gradatie 1).

Tijdelijke grondwaterprofielen

Als er sprake is van een tijdelijk grondwaterprofiel moet het vochtleverend vermogen op twee wijzen worden berekend. De rekenwijze die de hoogste gradatie van vochtleverend vermogen oplevert, wordt gebruikt voor het vaststellen ervan. Ten eerste wordt het vochtleverend vermogen van de wortelzone berekend volgens de methode voor hangwaterprofielen en ten tweede wordt het berekend op basis van een zogenaamde

'breekdag'. Dit is het tijdstip waarop het contact tussen de wortelzone en het grondwater via capillaire opstijging wordt verbroken door het te ver dalen van de grondwaterstand gedurende het groeiseizoen. Volgens WIB-C daalt de grondwaterstand in een 10% droog jaar gelijkmatig van GVG-niveau bij aanvang van het groeiseizoen op 1 april tot LG3₁₀-niveau aan het einde van het groeiseizoen op 1 oktober. Er is dus sprake van een groeiseizoen van 150 dagen. De 'breekdag' wordt als volgt berekend:

$$\text{Breekdag} = 150 * (\text{bewortelbare diepte} + Z_k - \text{GVG}) / (\text{LG3}_{10} - \text{GVG}).$$

Vervolgens is de gradatie in vochtleverend vermogen afgeleid van de breekdag (tabel 9). Voor zavel- en kleigronden is de indeling in gradaties enigszins aangepast (tabel 7).

Tabel 9 Gradaties in vochtleverend vermogen op basis van de breekdag

Gradatie in vochtleverend vermogen	Breekdag
4	0- 59
3	60-105
2	>105

2.2.3 Stevigheid van de bovengrond

In WIB-C (Van Soesbergen et al., 1986) is de stevigheid van de bovengrond afhankelijk gesteld van de indringingsweerstand bij GHG-niveau. Voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, wordt voor de gradaties een driedeling gehanteerd van 1 (zeer groot) tot 3 (gering). In de praktijk wordt de indringingsweerstand in het veld maar zelden gemeten en worden de gradaties op basis van andere kenmerken toegekend. De methoden van de verschillende deskundigen die voor dit onderzoek zijn geraadpleegd, zijn gecombineerd tot een nieuwe wijze van gradatietoekenning (tabel 10).

De beoordeling is afhankelijk van grondsoort, GHG en organische-stofgehalte van de bovengrond en is gelijk voor weidebouw en akkerbouw (stevigheid wordt voor bosbouw niet gebruikt). Voor zand-, leem- en veengronden en moerige gronden telt ook het leemgehalte van de bovengrond mee en voor klei- en zavelgronden het lutumgehalte van de bovengrond.

Tabel 10 Gradaties voor stevigheid van de bovengrond als afhankelijke van grondsoort, ghg en het percentage organische stof, leem en lutum

Gradatie (benaming)	Grondsoort	GHG (cm - mv)	Bovengrond		
			Org. stofgehalte (%)	Leemgehalte (%)	Lutumgehalte (%)
1 (zeer groot)	veen, moerig, zand, leem	25 - 40	< 5	< 17,5	n.r.
		≥ 40	5 - 15	n.r.	n.r.
	n.r.	≥ 40	< 5	n.r.	n.r.
2 (vrij groot tot matig)	veen, moerig, zand, leem	< 25	< 5	< 17,5	n.r.
		25 - 40	< 5	≥ 17,5	n.r.
	zavel, klei	n.r.	≥ 5	n.r.	n.r.
		25 - 40	< 15	n.r.	< 30
		≥ 40	5 - 15	n.r.	n.r.
	n.r.	≥ 40	≥ 15	n.r.	n.r.
3 (gering)	veen, moerig, zand, leem	< 25	< 5	≥ 17,5	n.r.
		25-40	< 15	n.r.	≥ 30
	zavel, klei	< 25	< 5	n.r.	n.r.
		n.r.	≥ 15	n.r.	n.r.
	n.r.	< 25	≥ 5	n.r.	n.r.
		n.r.	n.r.	n.r.	n.r.

n.r.: niet relevant

2.2.4 Verkruijmelbaarheid

De beoordelingsfactor verkruijmelbaarheid wordt alleen gebruikt bij de geschiktheidsbeoordeling voor akkerbouw. Voor KLASSE is slechts een kleine wijziging in de gradatie-toekenning uitgevoerd ten opzicht van WIB-C. Voor kleigronden is een extra klasse bij de indeling voor lutumgehalten van de bovengrond gebruikt (grenswaarde 30% lutum). Voor zand-, veengronden en moerige gronden zonder kleidek is de gradatie altijd 1 (gemakkelijk). Voor de overige gronden is de gradatie voor verkruijmelbaarheid afhankelijk van de textuur van de bovengrond, het organische-stofgehalte en het kalkgehalte (tabel 11).

Tabel 11 Gradaties voor verkruijmelbaarheid

Gradatie (benaming)	Textuur van de bovengrond		Org.stof%	Kalk%
	lutum%	leem%		
1 (gemakkelijk)	< 8	< 85	n.r.	n.r.
	8 - 17,5	n.r.	≥ 2	≥ 0,5
	17,5 - 25	n.r.	n.r.	n.r.
2 (tamelijk gemakkelijk)	< 8	≥ 85	n.r.	n.r.
	17,5 - 25	n.r.	< 2	n.r.
	25 - 30	n.r.	≥ 2	< 0,5
			n.r.	n.r.
3 (moeilijk)	≥ 30	n.r.	≥ 5	≥ 0,5
	≥ 30	n.r.	< 5	n.r.
			≥ 5	< 0,5

n.r.: niet relevant

2.2.5 Slempgevoeligheid en stuifgevoeligheid

De verschillende deskundigen hebben aangegeven dat aan de gradatietoekenningen voor slempgevoeligheid en stuifgevoeligheid niets hoeft te veranderen. De toekenning volgens WIB-C ten behoeve van de geschiktheidsbeoordeling voor akkerbouw is dus ongewijzigd in KLASSE opgenomen. Voor de volledigheid (en eenvormigheid) is de indeling in gradaties voor de slempgevoeligheid voor leemgronden en zavelgronden nog eens toegelicht (tabel 12). Voor moerige gronden, veen-, zand- en kleigronden is de slempgevoeligheid 1 (gering), tenzij een kleidek voorkomt. Zandgronden met een kleidek moeten als een zavelgrond worden beoordeeld. De indeling in gradaties voor stuifgevoeligheid is afhankelijk van de textuur van de bovengrond (tabel 13).

Tabel 12 Gradaties voor slempgevoeligheid voor zavel- en leemgronden en zandgronden met een kleidek als afhankelijke van de samenstelling van de bovengrond

Gradatie (benaming)	Grondsoort	Bovengrond			
		lutum%	leem%	Org. stof%	Kalk%
1 (gering)	zavel	≥ 17,5	n.r.	n.r.	≥ 0,5
2 (matig)	zavel	< 17,5	n.r.	< 3	≥ 0,5
			n.r.	≥ 3	n.r.
	leem	≥ 17,5	n.r.	n.r.	< 0,5
		n.r.	≥ 85	n.r.	n.r.
3 (groot)	zavel	< 17,5	n.r.	< 3	< 0,5
	leem	n.r.	< 85	n.r.	n.r.

n.r.: niet relevant

Tabel 13 Gradaties voor stuifgevoeligheid als afhankelijke van het lutum- en leemgehalte

Gradatie (benaming)	Bovengrond	
	lutum%	leem%
1 (gering)	< 3	≥ 32,5
	3-5	≥ 17,5
	≥ 5	n.r.
2 (matig)	< 3	10-32,5
	3-5	≤ 17,5
3 (groot)	< 3	< 10

n.r.: niet relevant

2.2.6 Voedingstoestand en zuurgraad

De voedingstoestand wordt alleen gebruikt bij de bodemgeschiktheidsbepaling voor bosbouw. Het duidt de vruchtbaarheid van de grond aan wanneer deze tenminste 10 à 15 jaar met bos is begroeid en in die periode niet is bekalkt of bemest. In WIB-C wordt de voedingstoestand bepaald met de spontane vegetatie. De vegetatie wordt in typen ingedeeld die in combinatie met bodemtypen een niveau van de voedingstoestand indiceren (Bannink et al., 1973). De spontane vegetatie dient in het bos te worden gekarteerd. Dit is voor toepassingen op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, niet geschikt, en een kaart met vegetatietypen op vergelijkbaar schaalniveau is niet aanwezig. Er is een andere wijze bedacht om de voedingstoestand te bepalen door een schatting te maken van het stikstofgehalte (N-organisch) en de zuurgraad (pH-KCl) van de grond.

N-organisch is berekend door eerst N-totaal te berekenen uit bodemfysische factoren en daarna te delen door het organische-stofgehalte. Stikstof is een van de belangrijkste voedingselementen, terwijl de zuurgraad waarschijnlijk iets zegt over de beschikbaarheid van andere nutriënten zoals fosfor en kalium. Omdat in BIS nog weinig bodemchemische gegevens beschikbaar zijn, zijn uit de toelichtingen bij de bladen van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, van 355 kaartenheden de P-totaal- en N-totaalgehalten, CEC-waarden en pH-KCl-waarden alsmede bodemfysische kenmerken zoals M50, leemgehalte, lutumgehalte, organische-stofgehalte en GHG in een data-bestand genoteerd. Met de procedure RSELECT (Thissen en Goedhart, 1990) uit het statistisch verwerkingsprogramma GENSTAT (GENSTAT, 1987) zijn met multiple regressie de chemische parameters verklaard uit de bodemfysische gegevens. Bij de regressieanalyse werd rekening gehouden met de grondsoort. Het blijkt dat N-totaal en pH-KCl beter uit voornoemde factoren kunnen worden verklaard als rekening wordt gehouden met de bodemsubgroep.

Oorspronkelijk is ook geprobeerd P-totaal te schatten uit bodemfysische gegevens. Het met multiple regressie verkregen beste model bleek slechts 25% verklaarde variantie (R^2 adj.) te hebben. Toevoegen van gegevens over de geologische formatie zal de verklaring mogelijk verbeteren. Vanwege de lage verklaring en de geringe correlatie met de voedingstoestand is afgezien om de vergelijking voor P-totaal te gebruiken. De kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) bleek zeer goed uit de bodemfysische gegevens te kunnen worden verklaard (R^2 adj.=92%). Omdat echter geen correlatie tussen CEC en voedingstoestand is gevonden, is de CEC verder buiten beschouwing gelaten.

Voor N-totaal en pH-KCl werden de volgende verklarende vergelijkingen gevonden:

Zandgronden

$$^{10}\log(\text{N-totaal}) = -0,43 - 0,14 \cdot ^{10}\log(\text{GHG}) + 0,77 \cdot ^{10}\log(\text{OS}_b) + 0,09 \cdot ^{10}\log(\text{LT}_b) - 0,31 \cdot ^{10}\log(\text{M50}_w) - 0,14 \cdot \text{Humuspodzol} \quad R^2 \text{adj.} = 76\%$$

$$^{10}\log(\text{pH}) = 0,78 - 0,11 \cdot ^{10}\log(\text{GHG}) - 0,05 \cdot ^{10}\log(\text{OS}_b) + 0,07 \cdot ^{10}\log(\text{LM}_b) - 0,02 \cdot \text{Beekeerd} \quad R^2 \text{adj.} = 31\%$$

waarin: OS_b = organisch stofgehalte van de bovengrond (%)
 LT_b = lutumgehalte van de bovengrond (%)
 LM_b = leemgehalte van de bovengrond (%)
 $M50_w$ = mediaan van de korrelgrootte in de wortelzone (μm)

De termen 'Humuspodzol' en 'Beekeerd' krijgen de waarde 1 bij berekeningen met respectievelijk humuspodzolgronden, moderpodzolgronden en beekeerdgronden en de waarde 0 bij berekeningen aan andere gronden.

Kleigronden

$$N\text{-totaal} = -0,19 + 0,06 * OS_b \quad R^2_{adj.} = 91\%$$

$$pH = 4,64 + 0,01 * GHG - 0,22 * OS_b + 0,02 * LM_b + 0,96 * Zeeklei \quad R^2_{adj.} = 54\%$$

De term zeeklei wordt 1 bij zeekleigronden en 0 bij de overige kleigronden.

Overige gronden

De N-totaal-gehalten en de pH-KCl zijn voor de overige gronden voorlopig nog op dezelfde wijze berekend als voor zandgronden.

De verklaarde variantie voor de pH-KCl is laag voor de kleigronden (54%) tot zeer laag voor de zandgronden (31%). De zuurgraad vormt echter een onmisbare schakel in het systeem voor de geschiktheidsbeoordeling. Ondanks de lage verklaring zijn de regressievergelijkingen toch gebruikt. Toekomstig onderzoek moet modellen opleveren waarmee de pH-KCl nauwkeuriger kan worden berekend.

Om inzicht te krijgen in de nauwkeurigheid van de gebruikte formules is voor een validatieset met 60 bodemeenheden het N-totaal-gehalte en de pH-KCl-waarde berekend en vergeleken met meetresultaten. Voor N-organisch is een klasse-indeling ontworpen (tabel 10), gebaseerd op gegevens van benodigde hoeveelheden N-organisch voor een optimale groei van verschillende boomsoorten (Schütz en Van Tol, 1981). Voor de pH-KCl werden de klassen uit WIB-C gebruikt: 1 basisch tot neutraal (pH-KCl > 6,5), 2 zwak zuur (pH-KCl 4,5-6,5) en 3 sterk zuur (pH-KCl < 4,5). Uit de validatie is gebleken dat 77% van de berekende gehalten N-organisch en 70% van de pH-KCl-waarden in de juiste klasse vallen, ondanks dat het berekende gehalte (soms sterk) afwijkt van het gemeten gehalte.

Tabel 14 Stikstofvoorziening voor optimale groei van boomsoorten

Gradatie code	Naam	N-organisch (mg N (% org. stof) ⁻¹)
1	zeer hoog	> 2,0
2	hoog	1,5-2,0
3	matig	1,3-1,5
4	laag	< 1,3

Door multiple regressie is eveneens een correlatie gevonden tussen de voedingstoestand zoals opgegeven in de toelichting van kaartblad 44 Oost (Harbers, 1990) (tabel 16) en

het gehalte aan N-organisch en de pH-KCl:

$$^{10}\log(\text{voedingstoestand}) = 1,04 - 0,29 * ^{10}\log(\text{N-org}) - 0,15 * \text{pH-KCl} \quad R^2_{\text{adj.}} = 63\%$$

Het percentage verklaarde variantie is redelijk hoog (63%). In de formule is echter de pH-KCl een belangrijke verklarende factor. Doordat zowel de berekening van de pH-KCl en de voedingstoestand een zekere onzekerheid bevat, bezit de einduitkomst een nog grotere onzekerheid. Uit vergelijking van de berekende klassen voor de voedingstoestand en de klassen volgens kaartblad 44 Oost, blijkt 72% in de goede klasse te vallen.

In verband met de voortgang van het project is er voor gekozen om voor deze studie de voedingstoestand met voornoemde formule te schatten. Het is wenselijk in een afzonderlijk project een methode uit te werken waarmee de voedingstoestand met een grotere betrouwbaarheid kan worden geschat.

3 Resultaten

3.1 KLASSE, een kennissysteem voor landevaluatiestudies

Het ontwikkelde kennissysteem KLASSE bestaat uit een reeks van beslisbomen voor de beoordelingsfactoren en de geschiktheid, ingebouwd in het landevaluatieprogramma ALES. In de beslisbomen is expertkennis vastgelegd afkomstig uit het WIB-C-systeem en aangepast met inzichten van deskundigen (hoofdstuk 2). Na operationalisatie van het kennissysteem is met een evaluatie vastgesteld of de geprogrammeerde beslisstructuren tot de gewenste resultaten leiden. Op basis van het oordeel van deskundigen over deze uitkomsten zijn de criteria in de beslisbomen soms enigszins gewijzigd.

In de hier beschreven vorm is KLASSE beschikbaar voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor weide-, akker- en bosbouw van kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000. Het systeem kan worden uitgebreid voor specifieke toepassingen door wijzigingen en/of toevoegingen in de beslisbomen. In dit project is de selectie van gegevens uit BIS en het genereren van gegevensbestanden voor ALES handmatig uitgevoerd. In het project 'Methoden voor bodemschematisatie' is programmatuur ontwikkeld waarmee de selectie van gegevens uit BIS en het aanmaken van de gegevensbestanden voor ALES geautomatiseerd kan worden uitgevoerd.

3.2 Toepassing op kaartvlakeenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000

De resultaten van KLASSE zijn getoetst aan de bevindingen van deskundigen. Hiertoe is met KLASSE een bodemgeschiktheidsevaluatie voor weidebouw, akkerbouw en bosbouw uitgevoerd voor een aantal kaarteenheden van de Bodemkaart 1 : 50 000 kaartblad 44 Oost, Oosterhout (Harbers, 1990) (tabel 1). Vervolgens zijn handmatig gegevensbestanden van de kaarteenheden vervaardigd (aanhangel 2). De resultaten van de evaluatie worden voor akker- en weidebouw (par. 3.2.1) en bosbouw (par. 3.2.2) afzonderlijk besproken. Eerst worden de gradaties van de beoordelingsfactoren behandeld en daarna de geschiktheid die is afgeleid uit de gradaties van beoordelingsfactoren.

De resultaten van KLASSE zijn vergeleken met de resultaten van de geschiktheidsbeoordeling in de toelichting op kaartblad 44 Oost (Harbers, 1990). Dat de resultaten niet altijd overeenstemmen is inherent aan de wijzigingen die in KLASSE ten opzichte van WIB-C zijn aangebracht. Op basis van uitspraken van deskundigen is echter gemeend dat deze verschillen in veel gevallen verbeteringen zijn ten opzichte van WIB-C.

3.2.1 Akkerbouw en weidebouw

De gradaties voor de beoordelingsfactoren volgens KLASSE en volgens WIB-C zoals die is weergegeven in de toelichting bij het kaartblad 44 Oost (Harbers, 1990) zijn onderling vergeleken. Vanwege de gedeeltelijke verschillende criteria voor de beoordelingsfactoren werden ook gedeeltelijk verschillende resultaten verwacht. Dit bleken er echter meer te zijn dan verwacht. Daarom is hier een toelichting per beoordelingsfactor gegeven.

Ontwateringstoestand (OT)

Voor drie eenheden is door KLASSE een afwijkende gradatie in de ontwateringstoestand toegekend, namelijk voor de evaluatie-eenheden 11, 33 en 42. Bij de toekenning van de gradaties in ontwateringstoestand op kaartblad 44 oost is het niet duidelijk waarom eenheid 42 (Rn47C-IV) gradatie 3 heeft gekregen in plaats van gradatie 2 die volgens WIB-C moet worden toegekend. Met KLASSE werd gradatie 2 berekend. Op kaartblad 44 Oost is bij de eenheden 11, 22 en 27 eveneens afgeweken van de WIB-C sleutel pur sang. Blijkbaar werd voor die kaarteenheden de toegekende gradatie 4 passender geacht dan gradatie 5 die volgens WIB-C voor dergelijke gronden geldt.

De wijziging in de toekenning van de gradatie voor de ontwateringstoestand in KLASSE (tabel 4) heeft ertoe geleid dat aan de eenheden 22 (Rv01C-III), 27 (eRn47C-III) en 33 (Rn44C-II) gradatie 4 is toegekend in plaats van gradatie 5 zoals volgens WIB-C zou moeten. Kaarteenheid 11 voldoet niet aan de criteria en krijgt dus volgens KLASSE een gradatie 5, zoals ook volgens WIB-C zou moeten.

Vochtleverend vermogen (VL)

Voor de akkerbouw is voor 20 van de 46 eenheden met KLASSE een andere gradatie berekend dan volgens de toelichting van kaartblad 44 Oost. Voor de weidebouw geldt dat zelfs voor 24 eenheden. In bijna alle gevallen betreft het een verschil van één klasse. In een aantal gevallen wordt door KLASSE een eenheid gekenmerkt als grondwaterprofiel (met VL-gradatie 1), terwijl dat volgens de toelichting bij het kaartblad klaarblijkelijk niet is gebeurd. Dit geldt voor de eenheden 1 (cHn21-III*), 12 (pZg23g-III), 22 (Rv01C-III) en 32 (pZn21G-III*). Dit kan veroorzaakt zijn door een andere inschatting van de kritieke stijghoogte (Z_k) en/of van de bewortelbare diepte. Het verschil in Z_k voor zware rivierkleigronden speelt voor negen eenheden: 8 (eRn66A-IV), 17 (Rn44C-III*), 19 (Rn67C-VI), 20 (Rn94C-VI), 27 (eRn47C-III), 33 (Rn44C-II), 34 (Rn66A-VI), 42 (Rn47C-IV) en 44 (Rn44C-V*). Voor al deze gronden werd met VERPF10 een nogal lage Z_k van 30 cm berekend.

Voor een aantal gronden is de beoordeling voor akkerbouw wel conform kaartblad 44 Oost en voor de weidebouw niet. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door de voor weidebouw gehanteerde maximale bewortelbare diepte van 40 cm, terwijl de bewortelbare diepte voor akkerbouw veel hoger is (bijv. 80 of 100 cm). Dit geldt voor acht eenheden: 3 (eMn15A-VI), 5 (eMn35Av-IV), 6 (eMn86A-VI), 15 (Rd10A-VII), 16 (Rd90C-VII), 25 (zEZ23t-V*), 28 (eRn95A-VI) en 45 (eMn35A-VI).

In de overige gevallen waarin verschillen optreden tussen de beoordeling volgens KLASSE en de toelichting op 44 Oost, wordt dit veroorzaakt door een andere berekening van de factoren beworteling, Z_k , LG3. Het is moeilijk om voor deze eenheden de exacte

oorzaak van de verschillen te achterhalen, omdat de gradatietoekenning in de toelichting op kaartblad 44 Oost niet is toegelicht. In deze laatste categorie vallen de eenheden 2 (cHn21g-VI), 10 (Hn21-V*), 18 (Rn52A-VI), 24 (zEZ21-VII), 35 (Rn95C-VII), 37 (Zb20A-VII), 39 (Zn23t-V) en 40 (Hn30-IV).

Stevigheid van de bovengrond (SB)

Voor de gradatietoekenning van stevigheid van de bovengrond bestaat volgens WIB-C alleen een toekenning op basis van de indringingsweerstand. De in KLASSE gehanteerde criteria (tabel 10) zijn volledig nieuw, en dus worden op voorhand verschillen verwacht. Voor 15 eenheden is inderdaad een verschillende gradatie berekend. Het verschil is echter nooit groter dan 1 klasse. Hoewel niet duidelijk is welke serie gradaties beter is, kan gezegd worden dat de beoordeling volgens KLASSE het voordeel heeft van reproduceerbaarheid.

Verkruimelbaarheid (KR)

Op grond van de veranderde indeling in lutumklassen voor de beoordeling van verkruimelbaarheid (tabel 11) verwachten we ook hier weer verschillen, althans voor een aantal eenheden, tussen WIB-C en KLASSE. Voor vijf eenheden is dit verschil ook geconstateerd, te weten de eenheden 7 (eMv81Ap-III*), 8 (eRn66A-IV), 16 (Rd90C-VII), 34 (Rn66A-VI) en 41 (kWp-III). Het lutumgehalte van de bovengrond van deze eenheden valt in de klasse 30-35%, die volgens WIB-C als lichte klei wordt beoordeeld met gradatie 2 en volgens KLASSE de gradatie 3 krijgt. Drie van deze vijf eenheden hebben 'toevallig' een lutumgehalte van precies 30%, zodat ze net wel een andere beoordeling krijgen. Overigens heeft eenheid 16 volgens de toelichting bij kaartblad 44 Oost gradatie 1 (lutumgehalte 31,5%), maar dat lijkt op een vergissing. Tenslotte is ook eenheid 6 verschillend beoordeeld, maar met een lutumgehalte van 28% zou dit verschil niet moeten bestaan, omdat volgens beide systemen gradatie 2 had moeten worden toegekend.

Slempgevoeligheid (SL)

Omdat voor slempgevoeligheid geen ander beoordelingssysteem is ingebouwd in KLASSE, verwachten we in tabel 15 geen verschillen. Toch zijn de eenheden 16 (Rd90C-VII) en 31 (kWzg-IV) verschillend beoordeeld. Eenheid 16 is voor de beoordeling door KLASSE ingedeeld bij de kleigronden (altijd gradatie 1) en eenheid 31 bij de zavelgronden. Met een lutumgehalte van 33% en een kalkgehalte lager dan 0,5% is dus gradatie 3 toegekend. Mogelijk is in de toelichting bij kaartblad 44 Oost eenheid 16 beoordeeld alsof het een zavelgrond zou zijn en eenheid 31 als moerige grond. Dit zou de gevonden verschillen verklaren.

Tabel 15 *Gradaties van beoordelingsfactoren voor akker- en weidebouw volgens de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000, kaartblad 44 Oost en volgens KLASSE. Een cursief getal geeft aan dat er verschil bestaat tussen de beoordeling volgens KLASSE en volgens kaartblad 44 Oost*

Volgnr.	Kaarteenhed	44 Oost							KLASSE						
		OT	VL _a	VL _w	SB	KR	SL	ST	OT	VL _a	VL _w	SB	KR	SL	ST
1	cHn21-III*	3	2	2	1	1	1	1	3	<i>1</i>	<i>1</i>	1	1	1	2
2	cHn21g-VI	2	3	3	1	1	1	1	2	<i>4</i>	<i>4</i>	1	1	1	2
3	eMn15A-VI	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1
4	eMn25A-IV	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
5	eMn35Av-IV	2	1	2	1	2	1	1	2	1	3	1	2	1	1
6	eMn86A-VI	2	2	2	1	3	1	1	2	3	<i>4</i>	1	2	1	1
7	eMv81Ap-III*	3	1	2	2	2	1	1	3	1	2	3	3	1	1
8	eRn66A-IV	2	2	2	2	2	1	1	2	3	<i>4</i>	<i>1</i>	3	1	1
9	Hd21-VII	1	4	4	1	1	1	2	1	4	4	1	1	1	2
10	Hn21-V*	3	2	2	1	1	1	1	3	3	3	2	1	1	2
11	kVz-II	4	1	1	3	1	1	1	5	1	1	3	1	1	1
12	pZg23g-III	4	1	2	2	1	1	1	4	1	<i>1</i>	3	1	1	1
13	pZn21-VI	2	3	3	1	1	1	1	2	3	3	1	1	1	2
14	pZn23t-V	4	2	2	2	1	1	1	4	2	2	3	1	1	1
15	Rd10A-VII	1	2	3	1	1	2	1	1	2	<i>4</i>	1	1	2	1
16	Rd90C-VII	1	3	3	1	1	2	1	1	3	<i>4</i>	1	3	<i>1</i>	1
17	Rn44C-III*	3	2	3	2	3	1	1	3	3	3	3	3	1	1
18	Rn52A-VI	2	2	3	1	1	2	1	2	3	3	1	1	2	1
19	Rn67C-VI	2	2	3	2	3	1	1	2	3	<i>4</i>	<i>1</i>	3	1	1
20	Rn94C-VI	2	3	3	2	2	2	1	2	3	<i>4</i>	<i>1</i>	2	2	1
21	Rn95A-IV	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
22	Rv01C-III	4	2	3	3	3	1	1	4	<i>1</i>	<i>1</i>	3	3	1	1
23	Zd21-VII*	1	5	5	1	1	1	3	1	<i>4</i>	5	1	1	1	2
24	zEZ21-VII	1	2	3	1	1	1	1	1	2	<i>4</i>	1	1	1	2
25	zEZ23t-V*	3	2	2	1	1	1	1	3	2	3	2	1	1	1
26	Zn21-VI	2	3	3	1	1	1	1	2	3	3	1	1	1	2
27	eRn47C-III	4	2	3	3	3	1	1	4	3	3	3	3	1	1
28	eRn95A-VI	2	1	2	1	2	1	1	2	1	<i>4</i>	1	2	1	1
29	Hn21-VI	2	3	3	1	1	1	1	2	3	3	1	1	1	2
30	Hn23-V*	3	2	2	1	1	1	1	3	2	2	2	1	1	1
31	kWzg-IV	2	2	2	2	3	1	1	2	2	2	2	3	2	1
32	pZn21G-III*	3	2	2	2	1	1	1	3	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	1	1	2
33	Rn44C-II	5	2	2	3	3	1	1	4	3	3	3	3	1	1
34	Rn66A-VI	2	2	2	1	2	1	1	2	3	<i>4</i>	1	3	1	1
35	Rn95C-VII	1	1	2	1	2	1	1	1	2	<i>4</i>	1	2	1	1
36	Vk-I	5	1	1	3	1	1	1	5	1	1	3	1	1	1
37	Zb20A-VII	1	3	4	1	1	1	1	1	<i>4</i>	4	1	1	1	1
38	zEZ21-IV	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2
39	Zn23t-V	4	1	2	2	1	1	1	4	2	2	3	1	1	1
40	Hn30-IV	2	3	3	1	1	1	1	2	3	<i>4</i>	1	1	1	1
41	kWp-III	4	1	1	2	2	1	1	4	1	1	3	3	1	1
42	Rn47C-IV	3	2	3	2	3	1	1	2	<i>4</i>	<i>4</i>	2	3	1	1
43	Hd21gF-VII*	1	4	4	1	1	1	2	1	4	4	1	1	1	2
44	Rn44C-V*	3	2	3	2	3	1	1	3	<i>4</i>	<i>4</i>	3	3	1	1
45	eMn35A-VI	2	1	2	1	2	1	1	2	2	<i>4</i>	1	2	1	1
46	eMv61C-IV	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	<i>1</i>	2	1	1

OT = ontwateringstoestand, VL_a = vochtleverend vermogen voor akkerbouw, VL_w = vochtleverend vermogen voor weidebouw, SB = stevigheid van de bovengrond, KR = verkruijmelbaarheid, SL = slempgevoeligheid, ST = stuifgevoeligheid

Stuifgevoeligheid (ST)

Ook voor stuifgevoeligheid is binnen KLASSE geen andere beslisboom ingebouwd dan volgens WIB-C. Toch zijn er maar liefst 10 verschillende beoordelingen (tabel 15). Alle kaarteenheden, op één na, waarbij verschillen tussen WIB-C en KLASSE zijn geconstateerd, zijn volgens WIB-C op kaartblad 44 Oost onterecht beoordeeld met gradatie 1, terwijl voor al deze gronden het leemgehalte van de bovengrond maximaal 15% is en het lutumgehalte maximaal 4%. De precieze reden waarom deze gronden in de toelichting bij kaartblad 44 Oost gradatie 1 hebben gekregen is onduidelijk. Van Soesbergen et al. (1986) geven wel aan dat naast het lutum- en leemgehalte ook het organischestofgehalte, textuur en het vochtgehalte een rol spelen, maar dat grenzen voor die factoren nog niet kunnen worden aangegeven. Persoonlijke interpretatie speelt in de toelichtingen bij de kaartbladen dus een belangrijke rol en vormt een belangrijke reden voor de gevonden verschillen.

Bodemgeschiktheid voor akker- en weidebouw

De gradaties in geschiktheid volgens KLASSE zijn vergeleken met de gradaties volgens WIB-C (Van Soesbergen et al., 1986) en volgens de toelichting bij kaartblad 44 Oost (tabel 16).

Voor akkerbouw komt KLASSE voor veertien eenheden op andere geschiktheidsklassen uit dan de toelichting op kaartblad 44 Oost. Twee eenheden (25 en 33) hebben op kaartblad 44 Oost een andere geschiktheidsklasse gekregen dan op basis van de beoordelingsfactoren mag worden verwacht. Voor beide eenheden behoort de beoordeling volgens WIB-C en KLASSE gelijk te zijn. Er blijven dus twaalf verschillend beoordeelde eenheden over. Voor vijf van deze twaalf eenheden wordt dit veroorzaakt door een andere inschatting van het vochtleverend vermogen (eenheden 2, 18, 19, 37 en 44), voor twee eenheden door een andere gradatie voor de stevigheid van de bovengrond (eenheden 30 en 32), voor twee eenheden door een combinatie van zowel een ander vochtleverend vermogen als verkruijmelbaarheid (eenheden 6 en 8), eenheid 7 door een combinatie van de stevigheid van de bovengrond en de verkruijmelbaarheid, eenheid 10 door een combinatie van het vochtleverend vermogen en de stevigheid van de bovengrond, en eenheid 42 door een combinatie van de ontwateringstoestand en het vochtleverend vermogen.

Voor weidebouw is er voor 29 eenheden een verschil berekend in de geschiktheid volgens KLASSE en volgens de toelichting op kaartblad 44 Oost (tabel 16). Voor veertien van deze 29 eenheden wordt dat veroorzaakt door het vochtleverend vermogen (eenheden 1, 2, 3, 5, 6, 15, 16, 24, 28, 34, 35, 40, 42 en 45). Voor nog eens acht eenheden wordt het verschil veroorzaakt door de vernieuwde inschatting van stevigheid van de bovengrond (eenheden 7, 12, 14, 17, 30, 39, 41 en 46). Voor de overige zeven eenheden gaat het om een combinatie van het vochtleverend vermogen en de stevigheid van de bovengrond (eenheden 8, 10, 19, 20, 25, 32 en 44).

Tabel 16 Gradaties van geschiktheid voor akker- en weidebouw volgens de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000, kaartblad 44 Oost en volgens KLASSE. Een cursief getal geeft aan dat er verschil bestaat tussen de beoordeling volgens KLASSE en volgens Kaartblad 44 Oost)

Volgnr.	Kaarteenheid	44 Oost		KLASSE	
		Akkerbouw	Weidebouw	Akkerbouw	Weidebouw
1	cHn21-III*	1.4	1.3	1.4	<i>1.1</i>
2	cHn21g-VI	2.3	2.2	3.2	3.2
3	eMn15A-VI	1.1	1.1	1.1	<i>1.3</i>
4	eMn25A-IV	1.1	1.1	1.1	1.1
5	eMn35Av-IV	1.2	1.3	1.2	2.2
6	eMn86A-VI	2.2	1.3	2.3	3.2
7	eMv81Ap-III*	2.2	1.4	3.1	3.1
8	eRn66A-IV	1.2	1.4	2.1	3.2
9	Hd21-VII	3.2	3.2	3.2	3.2
10	Hn21-V*	1.4	1.3	2.3	2.3
11	kVz-II	3.1	3.1	3.1	3.1
12	pZg23g-III	3.1	2.1	3.1	<i>3.1</i>
13	pZn21-VI	2.3	2.2	2.3	2.2
14	pZn23t-V	3.1	2.1	3.1	<i>3.1</i>
15	Rd10A-VII	1.2	1.3	1.2	3.2
16	Rd90C-VII	2.3	2.2	2.3	3.2
17	Rn44C-III*	3.1	2.3	3.1	<i>3.1</i>
18	Rn52A-VI	1.2	2.2	2.3	2.2
19	Rn67C-VI	2.2	2.3	3.1	3.2
20	Rn94C-VI	2.3	2.3	2.3	3.2
21	Rn95A-IV	1.1	1.1	1.1	1.1
22	Rv01C-III	3.1	3.1	3.1	3.1
23	Zd21-VII*	3.2	3.2	3.2	3.2
24	zEZ21-VII	1.4	2.2	1.4	3.2
25	zEZ23t-V*	1.4	1.3	2.1	2.3
26	Zn21-VI	2.3	2.2	2.3	2.2
27	eRn47C-III	3.1	3.1	3.1	3.1
28	eRn95A-VI	1.2	1.3	1.2	3.2
29	Hn21-VI	2.3	2.2	2.3	2.2
30	Hn23-V*	1.4	1.3	2.1	<i>1.4</i>
31	kWzg-IV	2.2	1.4	2.2	1.4
32	pZn21G-III*	2.1	1.4	1.4	<i>1.1</i>
33	Rn44C-II	3.1	3.1	3.1	3.1
34	Rn66A-VI	1.2	1.3	3.1	3.2
35	Rn95C-VII	1.2	1.3	1.2	3.2
36	Vk-I	3.1	3.1	3.1	3.1
37	Zb20A-VII	2.3	3.2	3.2	3.2
38	zEZ21-IV	1.3	1.3	1.3	1.3
39	Zn23t-V	3.1	2.1	3.1	<i>3.1</i>
40	Hn30-IV	2.3	2.2	2.3	3.2
41	kWp-III	3.1	2.1	3.1	<i>3.1</i>
42	Rn47C-IV	3.1	2.3	3.2	3.2
43	Hd21gF-VII*	3.2	3.2	3.2	3.2
44	Rn44C-V*	3.1	2.3	3.2	3.2
45	eMn35A-VI	1.2	1.3	1.2	3.2
46	eMv61C-IV	1.2	1.4	1.2	<i>1.3</i>

3.2.2 Bosbouw

Ontwateringstoestand (OT)

De ontwateringstoestand volgens KLASSE is op twee gevallen na hetzelfde vastgesteld als in de toelichting op kaartblad 44 Oost (tabel 17). De veranderde sleutel (beslisboom) voor de ontwateringstoestand in KLASSE volgt de reeks gradaties van kaartblad 44 Oost goed. Volgens WIB-C behoort aan de eenheden 11 (kVz-II), 22 (Rv01C-III), 27 (eRn47C-III), 33 (Rn44C-II) en 36 (Vk-I) een gradatie 5 voor de ontwateringstoestand te worden toegekend. Op kaartblad 44 Oost zijn deze eenheden, op eenheid 33 na, eveneens als gradatie 4 beoordeeld. Volgens KLASSE is aan deze eenheden, met uitzondering van eenheid 36, gradatie 4 toegekend.

Vochtleverend vermogen (VL)

Voor zeventien van de 46 landevaluatie-eenheden is door KLASSE voor de vochtleverantie een andere gradatie berekend dan in de toelichting op kaartblad 44 Oost (tabel 17).

Van de klei- en zavelgronden zijn de kaarteenheden 8 (eRn66A-IV), 15 (Rd10A-VII), 19 (Rn67C-VI), 20 (Rn94C-VI) en 34 (Rn66A-VI) tijdelijk grondwaterprofielen, waarbij de gradatie van het vochtleverend vermogen is bepaald op basis van de vochtinhoud van de wortelzone, omdat deze groter (of gelijk) is dan de gradatie volgens de 'breekdag'. Ook de kaarteenheden 16 (Rd90C-VII), 17 (Rn44C-III*), 18 (Rn52A-VI), 27 (eRn47C-III), 33 (Rn44C-II) en 44 (Rn44C-V*) hebben een tijdelijk grondwaterprofiel. Hier is de gradatie voor het vochtleverend vermogen wel alleen op basis van de breekdag berekend. Het verschil met 44 Oost moet voor deze eenheden dus in een verschillende Z_k , bewortelingsdiepte of verschillende vochtinhoud van de wortelzone liggen. In de toelichting op het kaartblad worden daar echter geen uitspraken over gedaan. De eenheden 16 en 18 zijn opgewaardeerd op basis van de volumefractie vocht van de wortelzone (beide 198 mm) en de breekdag (beide ca. dag 124). Door deze combinatie is gradatie 1 in plaats van 2 toegekend (tabel 7). Ondanks de verschillen met de gegevens in de toelichting op kaartblad 44 Oost werden de door KLASSE berekende gradaties door de deskundigen realistisch geacht.

Van de zandgronden zijn de kaarteenheden 9 (Hd21-VII), 10 (Hn21-V*), 29 (Hn21-VI), 30 (Hn23-V*), 39 (Zn23t-V) en 43 (Hd21gF-VII*) door KLASSE anders bepaald dan is aangegeven in de toelichting op kaartblad 44 Oost. Eenheden 9 en 43 zijn hangwaterprofielen; de overige eenheden zijn tijdelijke grondwaterprofielen. Het verschil bij de hangwaterprofielen wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het hanteren van een verschillende bewortelingsdiepte. De bewortelingsdiepte in de toelichting op kaartblad 44 Oost moet fors groter zijn om de verschillen te kunnen verklaren. Op basis van de profielschetsen uit BIS is er echter geen aanleiding om dit voor KLASSE ook te veranderen. De tijdelijke grondwaterprofielen zijn beoordeeld op het tijdstip van de breekdag. Verschillen kunnen derhalve zijn ontstaan door een verschil in bewortelingsdiepte of Z_k . Ook de vochtinhoud van de wortelzone kan verschillend zijn beoordeeld, alhoewel grote verschillen daarin onwaarschijnlijk zijn.

Tabel 17 *Gradaties van beoordelingsfactoren en geschiktheidsklassen voor bosbouw volgens de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000, kaartblad 44 Oost en volgens KLASSE. Een cursief getal geeft aan dat er verschil is tussen de beoordeling volgens KLASSE en volgens Kaartblad 44 Oost*

Volg- nummer	Kaarteenheid	44 OOST					KLASSE				
		OT	VL	VT	ZG	G	OT	VL	VT	ZG	G
1	cHn21-III*	3	1	2	3	1.1	3	1	2	3	1.1
2	cHn21g-VI	2	3	2	3	1.1	2	3	2	3	1.1
3	eMn15A-VI	2	1	1	1	1.3	2	1	1	1	1.3
4	cMn25A-IV	2	1	1	1	1.3	2	1	1	1	1.3
5	cMn35Av-IV	2	1	1	1	1.3	2	1	1	1	1.3
6	cMn86A-VI	2	1	1	1	1.3	2	1	1	1	1.3
7	cMv81Ap-III*	3	1	1	1	1.3	3	1	1	1	1.3
8	cRn66A-IV	2	1	1	1	1.3	2	2	1	1	1.3
9	Hd21-VII	1	3	3	3	2.1	1	4	3	3	2.2
10	Hn21-V*	3	1	3	3	1.2	3	3	2	3	1.2
11	kVz-II	4	1	1	2	2.3	4	1	1	2	2.3
12	pZg23g-III	4	1	1	3	2.1	4	1	2	3	2.1
13	pZn21-VI	2	2	3	3	1.1	2	2	2	3	1.1
14	pZn23t-V	4	1	3	3	2.1	4	1	2	3	2.1
15	Rd10A-VII	1	2	1	1	1.3	1	1	1	1	1.3
16	Rd90C-VII	1	2	1	2	2.1	1	1	1	2	1.3
17	Rn44C-III*	3	1	1	2	1.3	3	2	1	2	1.3
18	Rn52A-VI	2	2	1	1	1.3	2	1	1	1	1.3
19	Rn67C-VI	2	1	1	2	1.3	2	2	1	2	1.3
20	Rn94C-VI	2	1	1	2	1.3	2	2	1	2	1.3
21	Rn95A-IV	2	1	1	1	1.3	2	1	1	1	1.3
22	Rv01C-III	4	1	1	2	2.2	4	1	1	2	2.3
23	Zd21-VII*	1	4	4	3	3.1	1	4	4	3	3.1
24	zEZ21-VII	1	2	2	3	1.1	1	2	3	3	1.1
25	zEZ23t-V*	3	1	2	3	1.1	3	1	2	3	1.1
26	Zn21-VI	2	2	3	3	1.1	2	2	2	3	1.1
27	eRn47C-III	4	1	1	2	2.3	4	2	1	2	2.3
28	eRn95A-VI	2	1	1	1	1.3	2	1	1	1	1.3
29	Hn21-VI	2	2	3	3	1.1	2	3	3	3	2.1
30	Hn23-V*	3	1	3	3	1.2	3	2	2	3	1.2
31	kWzg-IV	2	1	2	3	1.1	2	1	1	3	1.1
32	pZn21G-III*	3	1	3	3	1.2	3	1	2	3	1.1
33	Rn44C-II	5	1	1	2	3.2	4	2	1	2	2.3
34	Rn66A-VI	2	1	1	1	1.3	2	2	1	1	1.3
35	Rn95C-VII	1	1	1	2	1.3	1	1	1	2	1.3
36	Vk-I	5	1	3	3	3.1	5	1	2	2	3.2
37	Zb20A-VII	1	3	1	1	2.1	1	3	2	1	2.1
38	zEZ21-IV	2	1	2	3	1.1	2	1	3	3	1.1
39	Zn23t-V	4	1	3	3	2.1	4	2	1	3	2.1
40	Hn30-IV	2	2	3	3	1.1	2	2	2	3	1.1
41	kWp-III	4	1	2	3	2.1	4	1	1	2	2.3
42	Rn47C-IV	3	1	1	2	1.3	2	1	1	2	1.3
43	Hd21gF-VII*	1	4	3	3	2.2	1	3	3	3	2.1
44	Rn44C-V*	3	2	1	2	1.3	3	3	1	2	2.1
45	eMn35A-VI	2	1	1	1	1.3	2	1	1	1	1.3
46	eMv61C-IV	2	1	1	2	1.3	2	1	1	2	1.3

OT = ontwateringstoestand, VL=vochtleverend vermogen voor bosbouw, ZG=zuurgraad,
VT = voedingstoestand, G=geschiktheidsklasse

Opmerkelijk is dat van de zes verschillende gradaties ten opzichte van de gegevens in de toelichting op kaartblad 44 Oost, vijf gradaties overeenkomen met de gradaties voor eenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, gegeven door Schütz en Van Tol (1981). Alleen eenheid 43 is door KLASSE hoger beoordeeld.

Voedingstoestand (VT)

Van de 46 gradaties voor de voedingstoestand zijn er volgens KLASSE veertien afwijkend ten opzichte van hetgeen in de toelichting op kaartblad 44 Oost is vermeld (tabel 17). Op twee na wijken alle eenheden slechts één klasse af. In de meeste gevallen (10) zijn de berekende gradaties hoger dan die in de toelichting op kaartblad 44 Oost. Er is niet gezocht naar verdere verbetering van de methode. Het is wenselijk in een afzonderlijk project een methode te ontwikkelen waarmee de voedingstoestand meer betrouwbaar kan worden geschat. De voedingstoestand kan niet met andere gegevens worden vergeleken dan die in de toelichting op kaartblad 44 Oost omdat de toekenning zeer gebiedspecifiek is.

Zuurgraad (ZG)

In twee gevallen (eenheden 36 en 41) wijkt de door KLASSE toegekende gradatie voor de zuurgraad af van die van kaartblad 44 Oost. De overige door KLASSE toegekende gradaties in zuurgraad komen volledig overeen met de mening van deskundigen en de gradaties zoals die zijn toegekend in de toelichting op kaartblad 44 Oost. Volledigheids-halve wordt opgemerkt dat de overeenstemming alleen de klasse-indeling betreft en niet de exacte waarde. Zoals in paragraaf 2.2.6 is vermeld, wijken de berekende waarden meestal af van de gemeten waarden.

Bodemgeschiktheid (G) voor bosbouw

Als gevolg van de verschillen in de afzonderlijke beoordelingsfactoren wijkt in negen gevallen de door KLASSE berekende geschiktheidsklasse af van die gegeven in de toelichting bij kaartblad 44 Oost. Voor de eenheden 16 (Rd90C-VII) en 41 (kWp-III) is het verschil veroorzaakt doordat in de toelichting van kaartblad 44 Oost een gradatie voor de geschiktheid staat aangegeven die niet in overeenstemming is met WIB-C. Deze eenheden zouden de volgens WIB-C dezelfde beoordeling moeten krijgen als berekend met KLASSE. Hiermee rekening houdend zijn er dus zeven verschillende beoordelingen.

Niet alle verschillen in de beoordelingsfactoren leiden tot een verschil in fysieke geschiktheid (bijvoorbeeld eenheden 8, 10, 12 en 42). De redenen voor de verschillen zijn de ontwateringstoestand (eenheid 33), de vochtleverantie (eenheden 9, 29, 43 en 44), de voedingstoestand (eenheid 32) en de zuurgraad (eenheid 36).

Vergelijken we de geschiktheid volgens KLASSE met die gegeven door Schütz en Van Tol (1981), dan verschilt slechts eenheid 33 (Rn44C-II). Het verschil wordt veroorzaakt door een verschillende beoordeling van de ontwateringstoestand.

4 Discussie

4.1 Status van KLASSE

In dit rapport staan de resultaten beschreven van de ontwikkeling en toepassing van een eerste geautomatiseerde systematische geschiktheidsbeoordeling van kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Het systeem is volledig operationeel. Alhoewel het systeem op onderdelen validatie en calibratie behoeft, kan het in principe reeds worden toegepast voor geschiktheidsbeoordelingen.

Het kennissysteem KLASSE kent het voordeel dat inzichtelijk is hoe de resultaten tot stand komen en dat ze steeds reproduceerbaar zijn. De gebruikte versie van KLASSE en de data-bestanden moeten dan wel worden gearchiveerd. Kaarteenheden kunnen derhalve op een objectieve manier worden beoordeeld en geclassificeerd. Indien wenselijk kan het systeem altijd weer worden aangepast aan de ervaringen en inzichten van deskundigen.

4.2 Betrouwbaarheid

De verschillen tussen de beoordelingsresultaten van KLASSE en de resultaten in de toelichting van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, kaartblad 44 Oost, Oosterhout (Harbers, 1990) komen grotendeels voort uit verbetering en wijziging van het evaluatie-proces en de evaluatie-criteria. In de toelichting op het kaartblad 44 Oost zijn de bodemkenmerken echter niet gekwantificeerd, waardoor een volledig vergelijk tussen beide resultaten onmogelijk is.

Bij het toetsen van de juistheid van de beoordelingen zijn er diverse knelpunten naar voren gekomen. De belangrijkste daarvan worden hier besproken, alsmede de wijze waarop er mee om is gegaan.

Een belangrijk knelpunt was de interpretatie van verschillen in toegekende gradaties van beoordelingsfactoren en geschiktheidsbeoordelingen volgens kaartblad 44 Oost en KLASSE. In eerste instantie is er bij een verschil gekeken of en hoe dat kon worden verklaard. Hierbij kwam het probleem naar voren dat in de toelichting van kaartblad 44 Oost geen toelichting is gegeven op de toekenning van de gradaties van beoordelingsfactoren en de geschiktheidsklassen. Dit maakte het vrijwel onmogelijk om de oorzaken van de verschillen in beoordeling tussen kaartblad 44 Oost en KLASSE te achterhalen. In een aantal gevallen bleek de toekenning van de gradatie van een beoordelingsfactor op kaartblad 44 Oost afwijkend te zijn van de strikte beoordeling volgens de criteria van WIB-C. Het is niet duidelijk of dit een bewuste keuze is geweest, een foute beoordeling of een drukfout.

Als de oorzaak voor een verschil niet te achterhalen was, zijn beide beoordelingen kritisch bekeken, en is gepoogd een keuze voor de goede beoordeling te maken. In veel gevallen kon echter, door het gebrek aan basisgegevens, geen keuze voor de beste

beoordeling worden gemaakt. Het verdient daarom aanbeveling om in een vervolgfase op dit project een studiegebied te kiezen waar voldoende gedetailleerde gegevens beschikbaar zijn om een dergelijke vergelijking wel te kunnen maken.

Verder kan het zijn dat de gradatie van een beoordelingsfactor volgens KLASSE weliswaar afwijkend is ten opzichte van kaartblad 44 Oost, en dat daardoor de geschiktheidsklasse eveneens afwijkend is, maar dat de feitelijke gradatie op basis van de gegevens juist is. Het is dan mogelijk dat bij de toekenning voor kaartblad 44 Oost aanvullende criteria zijn gebruikt om tot de gradatie te komen. In dergelijke gevallen is het noodzakelijk deze aanvullende criteria te achterhalen. Dit kan bijvoorbeeld door gesprekken met deskundigen op het gebied van de gradatietoekenning.

4.3 Vochtleverend vermogen

Een van de belangrijkste verschillen tussen de beoordelingen volgens KLASSE en kaartblad 44 Oost ligt in de vaststelling van het vochtleverend vermogen. Hierbij kunnen een aantal specifieke zaken worden opgemerkt:

De door KLASSE gehanteerde bewortelbare diepte kan een reden zijn van een anders ingeschatte vochtleverantie. Het is bekend dat bos in zavel- en kleigronden diep kan wortelen, wel tot meer dan 150 cm (o.a. Van Delft, 1995; Mekking, 1988). Door toepassing van de algemene regel voor de bewortelbare diepte (tabel 6) is de maximale bewortelingsdiepte voor akker- en bosbouw gebonden aan de bewortelbare diepte volgens BIS en voor weidebouw op 40 cm gesteld. Het is mogelijk dat bij de beoordeling op kaartblad 44 Oost van andere bewortelbare diepten is uitgegaan. Voor hangwaterprofielen betekent dit een toename van de vochtinhoud bij een grotere bewortelbare diepte. Ook kan een grotere bewortelbare diepte betekenen dat een hangwaterprofiel een (tijdelijk) grondwaterprofiel wordt, waardoor het vermeende vochtleverend vermogen fors kan toenemen.

De kritieke stijghoogte (Z_k) is eveneens belangrijk bij de afweging of een grond een hangwaterprofiel of een (tijdelijk) grondwaterprofiel is. De Z_k , zoals die met VERPF10 is berekend, kan aanzienlijk lager zijn dan de Z_k die gegeven wordt door Van Soesbergen et al. (1986). Zo werd met VERPF10 voor de zware rivierkleigronden een Z_k van 30 cm berekend (aanhangel 2), terwijl Van Soesbergen et al. (1986) voor dergelijke gronden een Z_k geeft van gemiddeld 40 tot 60 cm.

Bij het berekenen van de vochtinhoud van hangwaterprofielen kunnen ook verschillende volumefracties vocht gebruikt zijn, wat uiteraard ook een verschillend vochtleverend vermogen oplevert. In de toelichting op kaartblad 44 Oost staat over de gebruikte volumefracties niets vermeld zodat een vergelijking niet mogelijk is. In KLASSE is zoveel mogelijk aangesloten bij de waarden gegeven door Van Soesbergen et al. (1986).

Het berekenen van het vochtleverend vermogen verloopt in KLASSE via een complex opgebouwde beslisboom. Deze beslisboom is in zijn huidige vorm te omvangrijk, en daardoor te onoverzichtelijk, om hem eenvoudig te kunnen aanpassen. Hiermee gaat één van de pluspunten van ALES verloren. Het ontwikkelen van een expertsysteem berust

immers op de interactie tussen het benoemen van de differentiërende criteria en de resultaten die daarmee worden bereikt. Bij onbevredigende resultaten moeten de criteria worden aangepast of moeten criteria worden toegevoegd totdat een bevredigend resultaat wordt bereikt. Om deze reden wordt overwogen het vochtleverend vermogen buiten KLASSE om te berekenen. Dit zou dan tegelijkertijd met het berekenen van de kritieke stijghoogte kunnen gebeuren, dat nu ook al buiten KLASSE wordt berekend. Verwacht wordt dat de flexibiliteit van KLASSE toeneemt bij zo'n benadering.

4.4 Overige beoordelingsfactoren

Naast het vochtleverend vermogen is de beoordeling van de stevigheid van de bovengrond een belangrijke oorzaak voor een verschillende beoordeling. Het gebruik van andere criteria voor de gradatie vaststelling in KLASSE (tabel 10) ten opzichte van WIB-C leidt voor een deel van de kaartenheden tot een andere gradatie die veelal doorwerkt in de geschiktheidsklasse. Het verdient aanbeveling om in een afzonderlijk onderzoek te onderzoeken of de in KLASSE gestelde criteria de stevigheid van de bovengrond goed aangeven.

Over de ontwateringstoestand vermelden Van Soesbergen et al. (1986) dat in sommige gevallen bij de toekenning van de gradatie naast de GHG ook rekening moet worden gehouden met de aard van de grond. Afhankelijk van de structuur en textuur wordt dan een hogere of lager gradatie gegeven. De uitwerking wordt echter aan de beoordelaars overgelaten en er is geen indeling in de aanvullende criteria gegeven. Deels zijn de aanvullende criteria door ons in de beslisboom voor de ontwateringstoestand verwerkt. De persoonlijke interpretatie kunnen we echter nooit volledig herhalen wegens gebrek aan informatie over de gehanteerde bodemkenmerken en klassegrenzen.

De voedingstoestand kan niet volledig uit de beschikbare bodemfysische informatie worden afgeleid. Voor een goede inschatting moet aanvullende informatie worden verzameld. Het verdient aanbeveling om in een afzonderlijk project een methode te ontwikkelen om de voedingstoestand, en mogelijk ook de zuurgraad, te berekenen voor eenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

4.5 Klassegrenzen

In KLASSE zijn de bodemkenmerken, beoordelingsfactoren en de geschiktheid in klassen ingedeeld, zoals gebruikelijk bij landevaluatiestudies. Dit levert echter een zekere starheid van het systeem op en soms aanleiding voor discussie over de klassegrenzen. Bij klassificeren is het echter noodzakelijk om klassen te ontwerpen.

In WIB-C is het niet duidelijk of met de aanduidingen van de klassegrenzen voor stuifgevoeligheid < 3 , $3-5$ en > 5 nu echt kleiner dan 3, 3 tot en met 5 en groter dan 5 bedoeld wordt, of kleiner dan 3, 3 tot 5 en ≥ 5 . Het zal duidelijk zijn dat er altijd discussie zal zijn rondom de klassegrenzen. In KLASSE hebben we er voor gekozen een vaste systematiek te volgen van kleiner dan ($<$), tot, en groter of gelijk aan (\geq). In het genoemde voorbeeld dus $< 3\%$, 3 tot 5% en $\geq 5\%$.

5 Conclusies

Het belangrijkste doel van dit project, het ontwerpen, programmeren, en operationaliseren van een kennissysteem voor landevaluatiestudies, is met het tot stand komen van KLASSE gerealiseerd. De in dit rapport beschreven versie van KLASSE moet als een prototype worden beschouwd en moet op onderdelen worden verbeterd. Aandacht moet daarbij met name uitgaan naar de berekening van het vochtleverend vermogen, de stevigheid van de bovengrond en de voedingstoestand.

Een belangrijk neven doel van het project was het vastleggen van de ervaringskennis van deskundigen op het gebied van bodemgeschiktheidsbeoordeling. Kennis die tot nu toe niet op schrift stond. De ervaringskennis is in KLASSE geïmplementeerd door de bestaande criteria, zoals vastgelegd in WIB-C, te vervangen of aan te passen. Het eindresultaat van een eerste bodemgeschiktheidsevaluatie met KLASSE geeft aan dat dit vastleggen goed is gelukt. Het gebruik van ervaringskennis roept echter ook vragen op die alleen kunnen worden beantwoord als de resultaten kunnen worden gevalideerd.

In zijn huidige vorm is KLASSE een programma waarmee de beoordeling van kaart-eenheden volgens het systeem van WIB-C geautomatiseerd kan worden uitgevoerd. Meerwaarde komt tot stand als het systeem wordt uitgebreid voor specifieke toepassingen. Ook een automatische koppeling met het Bodemkundig Informatiesysteem (BIS) levert een grote meerwaarde op. Het huidige systeem is daar uitermate geschikt voor.

Literatuur

Bannink, J.F., H.N. Leijns en I.S. Zonneveld, 1973. *Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse naaldboutbossen*. Wageningen, STIBOKA, Bodemkundige studies 9.

Bregt, A.K., H.A.M. Thunnissen en F. de Vries, 1995. Landsdekkende ruimtelijke informatie bij DLO-Staring Centrum. In: E.M. Fendel (red.). *Geographical Information in the Netherlands*. Den Haag, Concernstaf Kadaster & Vereniging voor geografische informatie en vastgoedinformatie, proceedings stream 7: 7.81-7.93.

Bregt, A.K. en B.J.A. van der Pouw, 1991. Bodemkundige informatie van het Staring Centrum. In: J.C. Hooghart (red.). *Geo-informatie in Nederland*. Delft, Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, rapporten en nota's No. 25, p. 71-85.

Delft, S.P.J. van, 1995. *Bodemgesteldheid, enkele beheersaspecten en vegetatie in 208 opstanden van Robusta-populier*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, rapport 202.

Domburg, P., 1994. *A knowledge-based system to assist the design of soil survey schemes*. Wageningen, Thesis Wageningen Agricultural University.

FAO, 1976. *A framework for land evaluation*. Rome, FAO.

GENSTAT, 1987. *GENSTAT 5, reference manual*. Oxford, Clarendon press.

Groot, W.J.M. de, P.A. Finke, J. Oude Voshaar, M.J.D. Hack-ten Broeke, F. de Vries en Y. van Randen, 1998. *Bodemschematisatie. Opschaling door aggregatie van bodeminformatie voor modelsimulaties op nationale en regionale schaal*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, rapport 651.

Haans, J.C.F.M. (red.), 1979. *De interpretatie van bodemkaarten. Rapport van de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, stadium C*. Wageningen, STIBOKA, rapport 1463.

Harbers, P., 1990. *De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Toelichting bij kaartblad 44 Oost Oosterhout*. Wageningen, Staring Centrum.

Hendriks, C.M.A., 1994. *De verdrogingstoestand en verdrogingsgevoeligheid van het Nederlandse bos*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, rapport 289.

Hendriks, C.M.A., J.M. Paasman en C. Schuiling, 1992. *Uitbreidingsmogelijkheden voor Douglas (Pseudotsuga menziessi) binnen het huidige Nederlandse bosareaal*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, rapport 169.

Houben, J.M.M.Th., 1979. *Bodemgesteldheid en diepte van beworteling*. Wageningen, STIBOKA, rapport 1459.

Lanen, H.A.J. van, 1991. *Qualitative and quantitative physical landevaluation: an operational approach*. Wageningen, Thesis Wageningen Agricultural University.

Lanen, H.A.J. van en F.A. Wopereis, 1992. Computer captured expert knowledge to evaluate possibilities for injection of slurry from animal manure in the Netherlands. *Geoderma* 54: 107-124.

Mekking, P., 1988. *Bodemkundig-hydrologisch onderzoek Eiland van Dordrecht*. Wageningen, STIBOKA, rapport 2028.

Rossiter, D., 1990. ALES, a framework for landevaluation using a micro computer. *Soil Use and Management* 6: 7-20.

Schütz, P.R. en G. van Tol (red.), 1981. *Aanleg en beheer van bos en beplantingen*. Wageningen, PUDOC.

Schuurman, J.J., 1970. De wortelontwikkeling van land- en tuinbouwgewassen. In: *Cursus Bodemkunde deel 3: Theoretische bodemkunde*. Wageningen, Onderafdeling scholing van het Min. van Landbouw en Visserij/Rijksconsulentschap voor bodem- en bemestingsvraagstukken in de landbouw, p. 641-675.

Sluijs, P. van der, 1990. Vochtlevering door de grond. In: W.P Locher en H. de Bakker (red.) *Bodemkunde van Nederland, deel 1: Algemene Bodemkunde*. Den Bosch, Malmberg, p. 269-284.

Sluijs, P. van der en H.C. van Heesen, 1989. Veranderingen in de berekening van de GHG en de GLG. *Landinrichting* 29,1: 18-21.

Soesbergen, G.A. van C. van Wallenburg, K.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1986. *De interpretatie van bodemkundige gegevens. Systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw*. Wageningen, STIBOKA, rapport 1967.

Soesbergen, G.A. van en H.A.J. van Lanen, 1992. *De geschiktheid van de bodem van Nederland voor de teelt van Cannabis sativa (hennep) en Miscanthus sinensis 'Giganteus'*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, rapport 236.

Thissen, J. en P. Goedhart, 1990. *Genstat 5 GLW Procedure Library Manual*. Wageningen, Groep Landbouwwiskunde, report LWA-90-20.

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. *Waterretentie- en doorlatendheids-karakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks*. Wageningen, STIBOKA, rapport 1932.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte, 1994. *Waterretentie- en doorlatendheids-karakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks; vernieuwde uitgave 1994*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Technisch Document 18.

Aanhangsel 1 Profielschetsen van de geselecteerde kaarteenheden

1 Profielschets kaarteenheden cHn21-III

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Aanp	0- 30	5	3	12	170
A1b	30- 40	4	3	12	170
B2b	40- 50	2	3	11	170
B3b	50- 60	1	3	11	170
C1b	60-110	0,2	2	8	180
G	110-130	0,2	2	8	180

GHG 35 cm, GLG 110 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*2 Profielschets kaarteenheden cHn21g-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Aanp	0- 30	3	2	11	180
A1b	30- 40	3	2	8	180
B2b	40- 50	2	2	8	190
C1b	50- 70	0,3	3	8	190
D	70-150	0,2	3	5	250

GHG 70 cm, GLG 150 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*3 Profielschets kaarteenheden eMn15A-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 30	3	15
C21g	30- 80	1	15
C22g	80-120	0,5	10

GHG 50 cm, GLG 150 cm-mv.

Bewortelbaar tot 100 cm.

*4 Profielschets kaarteenheden eMn25A-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 34	3,3	24
C21g	34- 57	1,9	21
C22g	57- 90	2,1	26
G	90-120	4,1	22

GHG 40 cm, GLG 90 cm-mv.

Bewortelbaar tot 60 cm.

*5 Profielschets kaartenheid eMn35Av-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 25	4	28
C2	25- 90	1	30
D	90-110	80	
DG	110-120	80	

GHG 45 cm, GLG 110 cm-mv.

Bewortelbaar tot 80 cm.

*6 Profielschets kaartenheid eMn86A-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 30	4	28		
C21g	30- 50	2	34		
C1g	50- 65	1,5	48		
C22g	65-100	0,8	5		180
C23g	100-140	2,2	16	40	
CG	140-160	6	16	55	

GHG 70 cm, GLG 140 cm-mv.

Bewortelbaar tot 80 cm.

7 Profielschets kaartenheid eMv81Ap-III

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 30	3	30		
C2g	30- 60	1	30		
D	60-100	75			
G	100-120	0,3	15		160

GHG 25 cm, GLG 100 cm-mv.

Bewortelbaar tot 60 cm.

*8 Profielschets kaartenheid eRn66A-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem
Ap	0- 25	3	30	50
C21	25- 40	1	26	60
Cg	40- 60	0,8	45	
C1g	60-100	6	55	
CG	100-120	0,8	35	

GHG 50 cm, GLG 100 cm-mv.

Bewortelbaar tot 70 cm.

***9 Profielschets kaartenheid Hd21-VII**

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
A1	0- 15	4	2	10	150
A2	15- 20	1	2	8	140
B2	20- 40	3	2	8	140
C11	40- 90	0,2	2	8	140
C12g	90-160	0,2	2	8	140
C13	160-250	0,2	2	15	150

GHG 130 cm, GLG 250 cm-mv.

Bewortelbaar tot 40 cm.

10 Profielschets kaartenheid Hn21-V

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 25	6	3	9	160
B2	25- 40	2	3	9	160
C11	40- 90	0,2	2	8	160
C12	90-160	0,2	6	35	130

GHG 30 cm, GLG 160 cm-mv.

Bewortelbaar tot 45 cm.

***11 Profielschets kaartenheid kVz-II**

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Apg	0- 30	4	20	40	160
D	30- 70	50	10	40	160
DG	70-120	0,3	3	15	160

GHG 5 cm, GLG 70 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

***12 Profielschets kaartenheid pZg23g-III**

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 30	5	5	20	140
C1g	30-100	0,5	5	20	140
D	100-120	0,2	5	15	300

GHG 15 cm, GLG 100 cm-mv.

Bewortelbaar tot 40 cm.

***13 Profielschets kaartenheid pZn21-VI**

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 25	5	4	15	150
C11	25- 70	0,5	4	15	150
C12g	70-150	0,2	4	10	150

GHG 50 cm, GLG 150 cm-mv.

Bewortelbaar tot 30 cm.

*14 Profielschets kaarteenheid pZn23t-V

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 25	4	4	25	130
C11	25- 65	1	4	25	130
Dg	65-100	0,2	4	15	150
C12g	100-140	0,2	10	60	

GHG 15 cm, GLG 150 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*15 Profielschets kaarteenheid Rd10A-VII

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	M50
Ap	0- 30	3	14	
C21	30- 60	1	18	
C22	60-100	0,6	12	
C23g	100-150	0,3	10	
C24g	150-200	0,2	6	300

GHG 100 cm, GLG 200 cm-mv.

Bewortelbaar tot 80 cm.

*16 Profielschets kaarteenheid Rd90C-VII

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	M50
A1p	0- 30	3	28	
C11	30- 60	1	33	
C12g	60- 90	0,6	30	
C21g	90-140	0,2	25	
C22g	140-180	1	18	
CG	180-200	0,7	12	
G	200-210	0,3	7	200

GHG 90 cm, GLG 180 cm-mv.

Bewortelbaar tot 80 cm.

17 Profielschets kaarteenheid Rn44C-III

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
A1g	0- 10	4,3	38
ACg	10- 28	3,5	35
C11g	28- 48	1,4	57
C12g	48- 82	0,6	58
CG	82-120	0,1	64
G1	120-140	0,5	45
G2	140-180	0,5	18

GHG 30 cm, GLG 85 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*18 Profielschets kaartenheid Rn52A-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
A1	0- 25	4	16		
C21	25- 40	2	14		
C22g	40- 60	0,5	10		
C23g	60- 80	0,4	6	12	190
C24g	80-200	0,3	6	10	170

GHG 75 cm, GLG 200 cm-mv.

Bewortelbaar tot 60 cm.

*19 Profielschets kaartenheid Rn67C-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Apg	0- 26	5	33
C11g	26- 59	2,2	34
C12g	59- 88	0,9	46
C13g	88-130	0,1	46
CG	130-165	0,4	29
G	165-180	1	14

GHG 70 cm, GLG 190 cm-mv.

Bewortelbaar tot 60 cm.

*20 Profielschets kaartenheid Rn94C-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 25	3	18
C11g	25- 50	1	34
C12g	50- 80	0,6	48
C13g	80-100	3	52
C14g	100-130	0,7	44
CG	130-160		18
G	160-180		8

GHG 50 cm, GLG 160 cm-mv.

Bewortelbaar tot 60 cm.

*21 Profielschets kaartenheid Rn95A-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	M50
A1	0- 25	4	24	
C1	25- 35	1	29	
C21g	35- 50	1	24	
C22g	50- 70	0,8	18	
C23g	70-115	0,5	15	
CG	15-140		6	200

GHG 55 cm, GLG 115 cm-mv.

Bewortelbaar tot 80 cm.

*22 Profielschets kaarteenhed Rv01C-III

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
A1	0- 14	5,4	58
C11g	14- 28	1	60
C12g	28- 50	0,5	63
D1g	50- 75	41	58
D2g	75- 90	60	20
DG	90-140	47	52
G	140-500	8	60

GHG 10 cm, GLG 85 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

23 Profielschets kaarteenhed Zd21-VII

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
A1	0- 3	6	3	4	145
C11	3- 30	0,6	3	4	145
C12	30-300	0,1	3	3	140
A1b	300-315	4	3	5	150
B2b	315-350	2	3	5	150

GHG 300 cm, GLG 350 cm-mv.

Bewortelbaar tot 100 cm.

*24 Profielschets kaarteenhed zEZ21-VII

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Aanp	0- 30	4	3	14	170
Aan2	30- 70	3	3	14	170
A1b	70- 80	5	3	15	170
B2b	80-110	2	3	11	180
C11b	110-140	0,3	3	23	160
C12b	140-240	0,2	3	15	160

GHG 120 cm, GLG 240 cm-mv.

Bewortelbaar tot 100 cm.

25 Profielschets kaarteenhed zEZ23t-V

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Aanp	0- 30	5	4	30	150
Aan2g	30- 50	4	4	35	150
(A+C)gb	50- 70	2	4	40	140
C11gb	70-100	0,3	3	15	160
Dg	100-130	0,2	6	70	120
C12g	130-200	0,2	4	30	140

GHG 25 cm, GLG 200 cm-mv.

Bewortelbaar tot 70 cm.

*26 Profielschets kaartenheid Zn21-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
A1	0- 10	3	3	10	150
C11g	10- 80	0,5	3	10	150
C12g	80-160	0,2	3	10	150

GHG 50 cm, GLG 160 cm-mv.

Bewortelbaar tot 35 cm.

*27 Profielschets kaartenheid eRn47C-III

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 25	8	37
C11g	25- 35	3	39
C12g	35- 70	1	58
C13g	70- 90	0,5	75
CG	90-115	0,3	42
G	115-140	6	30

GHG 5 cm, GLG 90 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*28 Profielschets kaartenheid eRn95A-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 30	4	28
C21	30- 38	1	24
C22g	38- 60	0,4	32
C23g	60-110	0,3	25
C24g	110-140	0,3	15
CG	140-160	8	48

GHG 70 cm, GLG 140 cm-mv.

Bewortelbaar tot 100 cm.

*29 Profielschets kaartenheid Hn21-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 28	4,7	3	15	170
B2	28- 40	3,4	3	16	165
C11	40- 65	1,3	3	21	160
C12g	65- 85	0,6	3	38	140
C13g	85-140	0,2	5	18	130
C14g	140-230	0,3	3	15	140
D	230-245	50	15	80	120

GHG 70 cm, GLG 230 cm-mv.

Bewortelbaar tot 45 cm.

30 Profielschets kaartenheid Hn23-V

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 30	3	4	20	140
B2	30- 40	2	4	20	140
C11	40- 70	0,2	5	35	130
C12g	70-120	0,2	3	15	150
Dg	120-180	0,3	6	50	130

GHG 35 cm, GLG 180 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*31 Profielschets kaartenheid kWzg-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Apg	0- 25	8,9	33	82	
C1g	25- 35	8	37	91	
D	35- 65	57	10	53	
C11b	65- 73	1,6	7	28	190
C12b	73-110	0,4	3	8	300
CG	110-130	0,2	4	5	350

GHG 40 cm, GLG 110 cm-mv.

Bewortelbaar tot 65 cm.

32 Profielschets kaartenheid pZn21G-III

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 30	3	3	12	140
C11	30- 90	0,3	3	12	140
C12g	90-120	0,2	4	25	140

GHG 25 cm, GLG 100 cm-mv.

Bewortelbaar tot 30 cm.

*33 Profielschets kaartenheid Rn44C-II

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
A1g	0- 10	8	54
C11g	10- 50	2	62
C12g	50- 70	1	65
CG	70-110	1	70
G	110-120	6	75

GHG 10 cm, GLG 70 cm-mv.

Bewortelbaar tot 40 cm.

***34 Profielschets kaartenheid Rn66A-VI**

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 30	3	32
C21g	30- 60	1	27
C22g	60- 75	0,4	15
C11g	75-100		48
C12g	100-140	10	62
G	140-160	25	40

GHG 60 cm, GLG 140 cm-mv.

Bewortelbaar tot 60 cm.

***35 Profielschets kaartenheid Rn95C-VII**

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 20	4	28
ACp	20- 35	3	30
C11g	35- 55	1	34
C21g	55- 80	0,7	29
C22g	80-100	0,6	17
C23g	100-120	0,1	24
C12g	120-160	2	45
CG	160-200	0,7	25

GHG 120 cm, GLG 180 cm-mv.

Bewortelbaar tot 100 cm.

***36 Profielschets kaartenheid Vk-I**

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
C	0- 30	80			
CG	30- 70	80			
DG1	70-100	2	20	70	100
DG2	100-120	0,2	8	25	140

GHG 5 cm, GLG 45 cm-mv.

Bewortelbaar tot 30 cm.

***37 Profielschets kaartenheid Zb20A-VII**

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 20	3	7	10	170
B	20- 50	2	7	12	170
C2	50-200	1	6	10	170

GHG 100 cm, GLG 240 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*38 Profielschets kaarteenheid zEZ21-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Aanp	0- 20	3	3,5	12	180
Aan2	20- 55	2,2	3,3	9	185
B2b	55- 80	0,4	1,7	3	190
C1b	80-110	0,3	2	6	190
G	110-130	0,2	2	6	190

GHG 50 cm, GLG 110 cm-mv.

Bewortelbaar tot 60 cm.

*39 Profielschets kaarteenheid Zn23t-V

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 20	2	4	30	140
C11g	20- 60	0,4	4	30	140
C12g	60-100	0,3	4	15	150
C13g	100-120	0,2	15	60	

GHG 15 cm, GLG 150 cm-mv.

Bewortelbaar tot 40 cm.

*40 Profielschets kaarteenheid Hn30-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Ap	0- 30	4	3	20	220
B2	30- 50	2	3	15	250
B3	50- 60	1	3	15	250
C1	60-110	0,3	3	10	300
G	110-130	0,3	3	8	300

GHG 45 cm, GLG 110 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*41 Profielschets kaarteenheid kWp-III

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
Apg	0- 25	6	30		
C11g	25- 35	5	35		
D	35- 60	60	10		
B2b	60- 90	3	5	40	200
C12b	90-110	1	3	25	180
G	110-130	0,3	3	10	180

GHG 15 cm, GLG 110 cm-mv.

Bewortelbaar tot 60 cm.

*42 Profielschets kaartenheid Rn47C-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Apg	0- 25	6	48
C11g	25- 60	2	56
C12g	60- 90	1	35
C13g	90-110	0,8	21
CG	110-120	0,5	12

GHG 45 cm, GLG 110 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

43 Profielschets kaartenheid Hd21gF-VII

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	M50
(A+B)p	0- 50	3	3	9	190
B3	50- 60	1	3	9	190
C1	60-110	0,5	2	8	200
D	110-250	0,2	2	5	260

GHG 150 cm, GLG 200 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

44 Profielschets kaartenheid Rn44C-V

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
A1	0- 25	2	38
C11g	25- 65	1	48
A1gb	65- 75	3	65
C12gb	75-110	1	38
C13gb	110-120	0,3	65
C14gb	120-150	14	65
CG	150-200	2	70

GHG 35 cm, GLG 150 cm-mv.

Bewortelbaar tot 50 cm.

*45 Profielschets kaartenheid eMn35A-VI

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 30	3,8	29
C21g	30- 55	2,1	26
C22g	55- 80	3,2	28
C23g	80-105	6,1	27
C24g	105-150	12	29
DG	150-210	70	

GHG 50 cm, GLG 150 cm-mv.

Bewortelbaar tot 100 cm.

*46 Profielschets kaarteenheid cMv61C-IV

Horizont	cm-mv.	% humus	% lutum
Ap	0- 30	4	25
C1	30- 70	0,3	25
D	70-110	70	
DG	110-120	70	

GHG 60 cm, GLG 110 cm-mv.

Bewortelbaar tot 70 cm.

Aanhangsel 2 Invoerbestanden voor KLASSE

Definitie file

Nummer	Kaarteenheid	Homogeniteit	Oppervlakte (ha)
0001	cHn21-III*	h	100
0002	cHn21g-VI	h	641
0003	eMn15A-VI	h	276
0004	eMn25A-IV	h	286
0005	eMn35Av-IV	h	1269
0006	eMn86A-VI	h	84
0007	eMv81Ap-III*	h	77
0008	eRn66A-IV	h	223
0009	Hd21-VII	h	68
0010	Hn21-V*	h	319
0011	kVz-II	h	93
0012	pZg23g-III	h	291
0013	pZn21-VI	h	48
0014	pZn23t-V	h	193
0015	Rd10A-VII	h	42
0016	Rd90C-VII	h	425
0017	Rn44C-III*	h	723
0018	Rn52A-VI	h	210
0019	Rn67C-VI	h	1488
0020	Rn94C-VI	h	221
0021	Rn95A-IV	h	143
0022	Rv01C-III	h	63
0023	Zd21-VII*	h	1213
0024	zEZ21-VII	h	992
0025	zEZ23t-V*	h	259
0026	Zn21-VI	h	152
0027	eRn47C-III	h	100
0028	eRn95A-VI	h	641
0029	Hn21-VI	h	276
0030	Hn23-V*	h	286
0031	kWzg-IV	h	1269
0032	pZn21G-III*	h	84
0033	Rn44C-II	h	77
0034	Rn66A-VI	h	223
0035	Rn95C-VII	h	68
0036	Vk-I	h	319
0037	Zb20A-VII	h	93
0038	zEZ21-IV	h	291
0039	Zn23t-V	h	48
0040	Hn30-IV	h	193
0041	kWp-III	h	42
0042	Rn47C-IV	h	425
0043	Hd21gF-VII*	h	723
0044	Rn44C-V*	h	210
0045	eMn35A-VI	h	1488
0046	eMv61C-IV	h	221

Data file met bodemfysische gegevens

nummer	grondsoort	GHG (cm -mv.)	GLG (cm -mv.)	Bewortelbare			Kritieke			Laag 0-40 cm				Bovenste				Rest Wortelzone			
				diepte (cm)			z-afstand (cm)							horizont							
				weidebouw	akkerbouw	bosbouw	weidebouw	akkerbouw	bosbouw	% lutum	% leem	M50	% org. stof	% lutum	% leem	% org. stof	% lutum	% leem	M50	% org. stof	kalk klasse
1	zd	35	110	40	50	80	95	90	85	3	12	170	4.8	3	12	5	2	11	170	2.0	0
2	zd	70	150	40	50	80	70	60	45	2	10.2	180	3	2	11	3	2	8	190	2.0	0
3	zl	50	150	40	100	120	120	110	110	15	99	999	2.5	15	99	3	13.3	99	999	0.8	1
4	zl	40	90	40	60	70	75	75	65	23.6	99	999	3.1	24	99	3.3	21.8	99	999	1.9	1
5	kl	45	110	40	80	90	65	65	65	28.8	99	999	2.9	28	99	4	30	99	999	1.0	1
6	kl	70	140	40	80	110	30	55	105	29.5	99	999	3.5	28	99	4	28.4	99	999	1.4	1
7	kl	25	100	40	60	80	75	75	75	30	99	999	2.5	30	99	3	30	99	999	1.0	1
8	zl	50	100	40	70	80	30	30	30	28.5	53.8	999	2.3	30	50	3	48.3	99	999	2.5	1
9	zd	130	250	40	40	50	85	85	85	2	8.8	145	3.1	2	10	4	2	8	140	0.2	0
10	zd	30	160	40	45	55	85	85	85	3	9	160	4.5	3	9	6	2	8	160	0.2	0
11	vn	5	70	40	50	50	75	75	75	17.5	40	160	15.5	20	40	4	10	40	160	50.0	0
12	zd	15	100	40	40	50	130	130	130	5	20	140	3.9	5	20	5	5	20	140	0.5	0
13	zd	50	150	30	30	40	110	110	110	4	15	150	4.3	4	15	5	4	15	150	0.5	0
14	zd	15	150	40	50	80	120	115	100	4	25	130	2.9	4	25	4	4	25	130	1.0	0
15	zl	100	200	40	80	110	120	110	80	15	99	999	2.5	14	99	3	15	99	999	0.8	1
16	kl	90	180	40	80	110	65	65	75	29.3	99	999	2.5	28.0	99	3	31.5	99	999	0.8	0
17	kl	30	85	40	50	65	30	30	30	42.4	99	999	3.1	38	99	4.3	57.2	99	999	1.2	0
18	zl	75	200	40	60	90	120	110	110	15.3	99	999	3.3	16	99	4	10	99	999	0.5	1
19	kl	70	190	40	60	90	40	30	30	33.4	99	999	4.0	33	99	5	34.6	99	999	2.1	0
20	zl	50	160	40	60	90	30	30	30	24	99	999	2.3	18	99	3	41	99	999	0.8	0
21	zl	55	115	40	80	95	115	105	105	25.3	99	999	2.9	24	99	4	18.8	99	999	0.8	1
22	kl	10	85	40	50	65	70	75	75	60	99	999	2.4	58	99	5.4	63	99	999	0.5	0
23	zd	300	350	40	100	120	85	85	85	3	3.8	145	0.9	3	4	6	3	3	140	0.1	0
24	zd	120	240	40	100	120	110	110	115	3	14	170	3.8	3	14	4	3	13.2	175	3.0	0
25	zd	25	200	40	70	100	130	105	150	4	31.3	150	4.8	4	30	5	4	40.0	140	2.0	0
26	zd	50	160	35	35	45	110	110	110	3	10	150	1.2	3	10	3	3	10	150	0.5	0
27	kl	5	90	40	50	70	30	30	30	40.1	99	999	5.9	37	99	8	58	99	999	1.0	0
28	kl	70	140	40	100	120	65	105	105	27.4	99	999	3.2	28	99	4	27.3	99	999	0.3	1
29	zd	70	230	40	45	55	135	135	140	3	15.3	170	4.3	3	15	4.7	3	21	160	1.3	0
30	zd	35	180	40	50	80	130	120	100	4	20	140	2.8	4	20	3	5.0	35	130	0.2	0
31	zl	40	110	40	65	90	75	50	45	31.1	80.6	999	15.4	33	82	8.9	10	53	999	57	0
32	zd	25	100	30	30	40	115	115	115	3	12	140	2.3	3	12	3	3	12	140	0.3	0
33	kl	10	70	40	40	50	30	30	30	60	99	999	3.5	54	99	8	62	99	999	2.0	0
34	kl	60	140	40	60	90	50	35	30	30.8	99	999	2.5	32	99	3	27	99	999	1.0	1
35	kl	120	180	40	100	120	70	40	30	29.5	99	999	3.3	28	99	4	26.3	99	999	0.7	0
36	vn	5	45	30	30	35	75	75	75	99	99	999	80	99	99	80	99	99	999	80.0	0
37	zd	100	240	40	50	80	110	110	110	7	11	170	2.5	7	10	3	7	12	170	2.0	1
38	zd	50	110	40	60	90	85	85	85	3.4	10.5	185	2.6	3.5	12	3	2.9	7.5	185	1.8	0
39	zd	15	150	40	40	50	110	110	110	4	30	140	1.2	4	30	2	4	30	140	0.4	0
40	zd	45	110	40	50	80	45	45	45	3	18.8	230	3.5	3	20	4	3	15	250	2.0	0
41	kl	15	110	40	60	90	140	145	130	28.8	99	999	12.5	30	99	6	10	99	999	60	0
42	kl	45	110	40	50	80	30	30	80	51	99	999	4.5	48	99	6	56	99	999	2.0	0
43	zd	150	200	40	50	80	90	95	80	3	9	190	3	3	9	3	3	9	190	3.0	0
44	kl	35	150	40	50	80	30	30	30	41.8	99	999	1.6	38	99	2	48	99	999	1.0	0
45	kl	50	150	40	100	120	65	65	65	28.3	99	999	3.4	29	99	3.8	27.2	99	999	3.9	1
46	kl	60	110	40	70	90	75	75	75	25	99	999	3.1	25	99	4	25	99	999	0.3	0

NB. 99; 999 ontbrekende gegevens

Data file met bodemchemische gegevens

nummer	N organisch	pH-KCl	Voedingstoestand
0001	3.48	3.47	2.2
0002	3.37	3.23	2.4
0003	4.98	4.80	1.2
0004	5.03	5.17	1.1
0005	5.13	5.31	1.0
0006	5.13	5.58	1.0
0007	4.98	5.44	1.0
0008	4.98	4.98	1.2
0009	3.11	2.86	2.8
0010	3.48	3.42	2.2
0011	5.74	5.11	1.0
0012	4.34	4.09	1.6
0013	3.53	3.37	2.3
0014	4.59	4.23	1.5
0015	4.98	5.28	1.1
0016	4.98	6.25	0.8
0017	5.17	5.69	0.9
0018	5.13	4.91	1.2
0019	5.23	5.66	0.9
0020	4.98	4.98	1.2
0021	5.13	5.17	1.1
0022	5.25	6.44	0.7
0023	2.62	2.23	3.7
0024	2.25	2.99	3.2
0025	2.83	3.96	2.2
0026	3.87	3.35	2.2
0027	5.37	4.54	1.3
0028	5.13	5.58	1.0
0029	3.21	3.23	2.5
0030	4.26	3.76	1.8
0031	5.39	4.25	1.4
0032	4.35	3.76	1.8
0033	5.37	5.62	0.9
0034	4.98	5.93	0.9
0035	5.13	6.11	0.8
0036	1.88	4.62	2.3
0037	3.64	3.03	2.4
0038	2.70	3.41	2.6
0039	5.24	4.49	1.3
0040	3.21	3.56	2.3
0041	5.29	4.66	1.2
0042	5.29	6.08	0.8
0043	3.09	2.83	2.8
0044	4.66	6.25	0.8
0045	5.11	5.47	1.0
0046	5.13	5.29	1.0